



Escuela
Politécnica
Superior

Estudio de la actividad de los usuarios en el e-learning que permita identificar barreras de aprendizaje para las personas con discapacidad



Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Omar Moukhet Rkizat

Tutor/es:

David Gil Méndez

Sergio Luján Mora



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Junio 2020

Resumen

Gracias a los avances tecnológicos, la docencia ha ido evolucionando a lo largo de los años, dando lugar a nuevas metodologías de enseñanza. Una de ellas es la conocida como e-learning o aprendizaje electrónico, y es una de las que más ha crecido en los últimos años. Esto es debido a sus grandes virtudes, como puede ser la gran flexibilidad que ofrece o su facilidad para llegar a un gran número de usuarios. No obstante, en esta metodología de enseñanza disponemos de una diferencia significativa respecto a la enseñanza presencial, y es la ausencia de la supervisión directa por parte del docente. Por ello, en esta nueva metodología es muy importante que aprovechemos los avances tecnológicos para monitorizar la actividad de los usuarios dentro del curso, de tal manera que podamos analizar los datos y detectar barreras de aprendizaje que se estén produciendo ya sea a causa del diseño pedagógico del contenido o muy importante, a causa de la accesibilidad web de dicho contenido y a la que se enfrentan los usuarios con discapacidad. Esto nos permitirá adaptar nuestro contenido y ofrecer una enseñanza adecuada para todos los usuarios.

En este trabajo hemos diseñado e implementado un curso e-learning, que finalmente ha sido publicado online y se ha conseguido que usuarios reales lo realicen. De esta manera, se ha monitorizado su aprendizaje y hemos analizado dichos datos siguiendo distintas estrategias para detectar barreras de aprendizaje causadas por el diseño pedagógico del contenido o por su accesibilidad web, comprobando la importancia de esta en el e-learning.

Motivación, justificación y objetivo general

En este proyecto el objetivo es detectar problemas a los que se enfrentan los estudiantes en cursos e-learning, encontrando barreras de aprendizaje causadas por la existencia de contenido complejo y mal sintetizado, o por la existencia de problemas de accesibilidad web a los que se enfrentan estudiantes con discapacidad.

Para ello, se va a diseñar e implementar un curso e-learning y se va a publicar, para que usuarios reales lo puedan realizar y se monitorizará el proceso de aprendizaje del alumno generando y almacenando datos de su actividad. Se analizarán dichos datos siguiendo unas primitivas para detectar y comprobar cómo afectan esos problemas en el aprendizaje de los estudiantes.

A la hora de pensar en qué idea escoger para realizar mi Trabajo de Fin de Grado (TFG) decidí consultar la lista de propuestas que había por parte de los profesores, para ver si había alguna que me llamase la atención. Y así fue, encontré esta propuesta que tras leer su descripción me pareció muy interesante debido a que me ponía en contacto con varios escenarios que aún no había conocido en mi etapa como estudiante de Ingeniería Informática.

Todo esto me motivó, debido a que por un lado descubría el mundo de la accesibilidad web, el cual desconocía hasta el momento y del que tenía mucho que aprender, y por otro lado era la primera vez que me enfrentaba a un proyecto que complementaba a otro ya existente, puesto que el curso se iba a desarrollar sobre un visor de cursos e-learning que fue implementado en un TFG anterior.

Además, esta propuesta me permitía poner en práctica otras facetas como ingeniero informático, que durante la carrera aún no había implicado tanto, como puede ser la del análisis y estudio del comportamiento humano frente a un sistema o contenido web determinado.

Por lo tanto, con todos estos factores veía viable llevar a cabo este proyecto puesto que, a pesar de implicar campos de conocimiento nuevos, no era nada que no pudiera alcanzar

con mis ganas de aprender y el apoyo que me aportaron desde el principio mis tutores David Gil Méndez y Sergio Luján Mora.

Agradecimientos

A mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado desde el inicio de esta etapa.

A mis amigos por estar siempre ahí.

Citas

*“Muchas personas piensan que tener talento es una suerte,
pocas sin embargo piensan que la suerte puede ser cuestión de talento.”*

Jacinto Benavente

“Si das pescado a un hombre hambriento lo nutres durante una jornada.

Si le enseñas a pescar, le nutrirás toda su vida.”

Lao Tsé

Índice de contenidos

Resumen	3
Motivación, justificación y objetivo general	5
Agradecimientos	7
Citas.....	9
Índice de contenidos	11
Índice de figuras	13
Índice de tablas	15
Índice de abreviaturas	17
1. Introducción.....	19
2. Estudio de viabilidad.....	23
2.1. Análisis DAFO	23
2.2. Análisis de riesgos.....	26
3. Planificación	29
4. Estado del arte	31
4.1. Antecedentes.....	31
4.2. Evolución del e-learning.....	32
4.3. Importancia de la accesibilidad web dentro del e-learning	36
4.4. Monitorización en plataformas e-learning	41
5. Objetivos	45
6. Metodología	47
6.1. Software necesario.....	48
7. Desarrollo del curso e-learning	51
7.1. Temática del curso.....	51

7.2.	Contenido del curso	52
7.3.	Diseño de los problemas de accesibilidad	54
7.3.1.	Video	55
7.3.2.	Imágenes.....	57
7.3.3.	Contenido dinámico.....	58
7.4.	Preparación del entorno de trabajo.....	59
7.5.	Servicios externos	60
7.6.	Implementación del curso.....	67
7.7.	Producción.....	80
8.	Pruebas y análisis	83
8.1.	Rendimiento.....	85
8.2.	ClickPath Analysis	87
8.3.	Testing A/B.....	95
9.	Resultados	99
10.	Conclusiones y trabajo futuro.....	101
11.	Enseñanza en línea contra la COVID-19	103
	Referencias	105

Índice de figuras

Figura 1. Matriz DAFO.....	24
Figura 2. Ejemplo de CAPTCHA con alternativa visual y auditiva	38
Figura 3. Diagrama de la metodología secuencial seguida	48
Figura 4. Sección “Database” en Firebase.....	60
Figura 5. Reglas de seguridad para la creación de la base de datos	61
Figura 6. Definición de la ubicación de Cloud Firestore	62
Figura 7. Datos de configuración de la aplicación en Firebase	63
Figura 8. Proveedores de inicio de sesión para el servicio de autenticación ofrecidos por Firebase	64
Figura 9. Configuración del servicio Cloud Storage de Firebase	65
Figura 10. Jerarquía JSON para componer el contenido de un curso	68
Figura 11. Contenido importado a la base de datos de Firebase	70
Figura 12. Vista de inicio del visor de cursos	70
Figura 13. Vista dentro del curso e-learning	71
Figura 14. Registros de actividad almacenados en el LRS	72
Figura 15. Detalle de un registro almacenado en el LRS	72
Figura 16. Chunk de tipo video para ser reproducido con Amara	74
Figura 17. Creación de subtítulos con Amara	75
Figura 18. Chunk de tipo video configurado para ser no accesible	75
Figura 19. Video con reproductor de YouTube configurado para ser no accesible.....	76
Figura 20. Video con reproductor de Amara.....	77
Figura 21. Imagen que será introducida sin texto alternativo	77
Figura 22. Gráfico sobre la evolución de los precios de los paneles fotovoltaicos.....	78
Figura 23. Tabla de transcripción del gráfico	78
Figura 24. Cara frontal y trasera de la tarjeta de contenido	79
Figura 25. Filtrado de registros en Scorm Cloud	83
Figura 26. Petición a Scorm Cloud para obtener registros almacenados	84
Figura 27. Registros de uso del proyecto alojado en Firebase	86

Figura 28. Límite de operaciones de lectura y escritura por minuto en Scorm Cloud para una cuenta gratuita	87
Figura 29. Traza de navegación de un usuario dentro del curso	91
Figura 30. Comparación de resultados en los test entre usuarios A y B	96
Figura 31. Aciertos globales de los usuarios A y B en los test	97
Figura 32. Tiempo invertido en las lecciones de la segunda sección por los usuarios A y B	98
Figura 33. Pantalla de bienvenida del curso e-learning.....	100
Figura 34. Mockup de un panel de control para el creador de un curso.....	102

Índice de tablas

Tabla 1. Planificación temporal	30
Tabla 2. Dominios para cada versión del proyecto	81
Tabla 3. Lecciones completadas por un usuario medio y su duración.....	89
Tabla 4. Registros de navegación de un usuario durante la realización de los test.....	93

Índice de abreviaturas

API: Application Programming Interface

CSS: Cascading Style Sheets

HTML: Hypertext Markup Language

JSON: JavaScript Object Notation

LMS: Learning Management System

LRS: Learning Record Store

MOOC: Massive Open Online Course

SSL: Secure Sockets Layer

URI: Uniform Resource Identifier

URL: Uniform Resource Locator

W3C: World Wide Web Consortium

WAI: Web Accessibility Initiative

WCAG: Web Content Accessibility Guidelines

xAPI: Experience API

1. Introducción

Hoy en día la mayoría de las cosas que hacemos implican estar conectados a Internet. Ya sea para trabajar, hacer compras, comunicarnos o por entretenimiento. Y como es de esperar, todo este avance tecnológico también se ha trasladado al mundo de la enseñanza y formación, bajo el nombre de *E-learning*, traducido al español como *Aprendizaje Electrónico*.

Esta nueva metodología de enseñanza tiene unas ventajas inigualables, puesto que permite reducir grandes costos a empresas e instituciones de educación, ofrece una gran flexibilidad para los usuarios y permite llegar a un gran número de personas de manera mucho más sencilla.

Por ello, a pesar de ser un modelo de enseñanza todavía considerado reciente, podemos ver cómo un grandísimo número de personas, y cada día más, están apostando por él para ofrecer o adquirir conocimiento. Se puede llevar a cabo a través de diferentes tipos de medios en la red (foros de discusión, mensajería instantánea, páginas web, etc), pero en este proyecto nos vamos a centrar en el e-learning llevado a cabo mediante páginas web.

Estamos, por lo tanto, ante una excelente metodología para enseñar y aprender. No obstante, esta metodología de enseñanza pierde efectividad de aprendizaje si no se tienen en cuenta ciertos aspectos. Uno de los aspectos fundamentales, es que no debe usarse como un mero “contenedor de materiales”. Una de las diferencias más importantes respecto a la enseñanza tradicional, es el hecho de no disponer de la presencia física de la persona que está impartiendo el contenido didáctico, pudiendo obtener así un seguimiento directo o tutorizado por su parte.

Por ello, es muy importante diseñar el contenido del curso siguiendo una estrategia coherente y sobre todo aprovechar las ventajas tecnológicas para poder monitorizar el transcurso del estudiante durante el curso. Si bien esto último ya lo hacen ciertas plataformas de e-learning, lo hacen a un nivel de detalle medio/bajo.

Monitorizar de una manera más detallada el proceso de aprendizaje del alumno ayudaría a poder analizar el comportamiento de este en el curso, lo cual permitiría detectar puntos

de estancamiento o barreras de aprendizaje, y esto a su vez permite adaptar el contenido para lograr que los usuarios obtengan mejores resultados de aprendizaje.

Dentro de los factores que provocan graves estancamientos en el aprendizaje se encuentra la accesibilidad web, dado que no se tiene tanto en cuenta como se debería, y es algo que influye mucho en el proceso de aprendizaje de los estudiantes con discapacidad.

Dentro del *World Wide Web Consortium* (W3C) el grupo encargado de definir las pautas de la accesibilidad web es la *Web Accessibility Initiative* (WAI) y define la accesibilidad web de esta manera:

*La accesibilidad Web significa que personas con algún tipo de discapacidad van a poder hacer uso de la Web. En concreto, al hablar de accesibilidad Web se está haciendo referencia a un diseño Web que va a **permitir** que estas personas puedan **percibir, entender, navegar e interactuar** con la Web, aportando a su vez contenidos. La accesibilidad Web también beneficia a otras personas, incluyendo personas de edad avanzada que han visto mermadas sus habilidades a consecuencia de la edad¹.*

Para las personas con discapacidad, Internet y la Web han supuesto un gran avance y mejora en sus vidas, pero aún queda mucho por mejorar en la Web para que puedan gozar de las mismas ventajas que las del resto de personas, independientemente de sus capacidades físicas.

Por ejemplo, si en un curso e-learning hay como parte del contenido didáctico un vídeo sin subtítulos, que ayuda a entender mejor el contenido de la lección, se estaría generando una barrera de aprendizaje clara para todos aquellos estudiantes sordos.

¿O qué pasa si una persona invidente intenta responder a la pregunta de un test del curso, cuya respuesta depende de haber visualizado y, por lo tanto, entendido el contenido de una imagen que no disponía de texto alternativo ni de ningún tipo de transcripción? Lo mismo que en el caso anterior, estaríamos ante una clara barrera de aprendizaje causada por la accesibilidad de la Web.

Hay muchísimos otros escenarios que pueden causar estos impedimentos en el proceso de aprendizaje para los estudiantes con discapacidad.

¹ Fuente: <https://www.w3c.es/Traducciones/es/WAI/intro/accessibility>

Por lo tanto, estamos ante un factor importantísimo para tener en cuenta a la hora de diseñar el contenido de nuestro curso e-learning.

Este proyecto tiene como idea comprobar y demostrar cómo todos estos factores que se han expuesto afectan en el aprendizaje de un estudiante durante un curso e-learning.

Por ello, el objetivo es diseñar y elaborar un curso e-learning sobre una temática concreta y monitorizarlo para recolectar distintos tipos de datos de seguimiento, fruto de la actividad e interacción del estudiante con el curso. Con la finalidad de establecer una estrategia de análisis para dichos datos que nos permita detectar barreras de aprendizaje.

2. Estudio de viabilidad

Hacer un estudio de viabilidad es tan importante como otras fases principales que se tienen que llevar a cabo en un proyecto.

Antes de empezar a planificar y desarrollar una solución al problema, es conveniente pararse a realizar un estudio de viabilidad y pensar en los posibles riesgos y limitaciones a los que se puede enfrentar el proyecto, tomando conciencia de ellos para prevenir en la medida de lo posible los efectos negativos que puedan tener sobre el éxito de este.

Para hacer este estudio de viabilidad, por un lado, se hará uso de la herramienta de análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), la cual nos va a permitir establecer una estrategia para afrontar el futuro del proyecto a través de un mapa en el que se indican dichas propiedades.

Por otro lado, se hará también un análisis de riesgos para poder establecer planes de contingencia que ayuden a mantener el rumbo del proyecto cuando dichos riesgos surjan.

2.1. Análisis DAFO

Como se ha indicado anteriormente, este método de análisis consiste en diseñar la estrategia en la que se basará el proyecto para afrontar su futuro, elaborando un mapa en el que se van a indicar sus propiedades de origen interno y externo.

Por lo tanto, se hará un análisis interno encontrando las debilidades y las fortalezas del proyecto y un análisis externo encontrando sus amenazas y oportunidades, en una matriz cuadrada como se muestra en la Figura 1.

	Positivos	Negativos
Origen interno	<u>Fortalezas</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivación y ganas de aprender ▪ Habilidades adquiridas como ingeniero informático ▪ Disposición de recursos y herramientas necesarias para trabajar ▪ Ningún coste económico 	<u>Debilidades</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de conocimiento en el ámbito de la accesibilidad web ▪ Desconocimiento tanto del funcionamiento del visor de cursos como del framework que se va a utilizar (Angular)
Origen externo	<u>Oportunidades</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sector en pleno crecimiento y evolución ▪ Baja competencia ▪ Influye en un gran número de usuarios 	<u>Amenazas</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de la competencia ▪ No conseguir las suficientes personas que realicen el curso y de esta manera no recolectar suficientes datos

Figura 1. Matriz DAFO
(Elaboración propia)

Dentro de las propiedades de origen interno tenemos del lado positivo las fortalezas y del lado negativo las debilidades.

Tenemos varias fortalezas, entre las cuales la primera es la motivación y ganas de aprender que se han tenido desde el primer momento de llevar a cabo este TFG. Esto es algo que juega un gran papel a la hora de realizar cualquier proyecto, pues una de las bases fundamentales es la motivación y ganas de seguir adelante.

En segundo lugar, están las habilidades adquiridas como ingeniero informático, entre las cuales estaría, por ejemplo, la capacidad de adaptación a nuevos campos de conocimiento, nuevas metodologías de trabajo o ramas del sector. Esta es una destreza que a lo largo de

la carrera se ha ido adquiriendo y supone una muy buena fortaleza a la hora de enfrentarse a un nuevo proyecto.

Otra fortaleza es el hecho de disponer de los recursos y herramientas suficientes y necesarias para llevar a cabo el trabajo, como puede ser la disposición de un equipo informático, conexión estable a Internet, etc.

Como última fortaleza tenemos el hecho de que llevar cabo este proyecto no requiere de ninguna inversión económica específica, ya que se trata de un trabajo académico.

Siguiendo con las propiedades de origen interno, encontramos en primer lugar dentro de las debilidades, la falta de conocimiento en el ámbito de la accesibilidad web debido a que antes de empezar este proyecto no se ha tenido ninguna toma de contacto ni formación previa en este sector de la informática.

Por otro lado, la segunda debilidad se debe a que el curso e-learning se va a diseñar y desarrollar sobre un visor web que proviene de un TFG previo, del cual hasta el momento se desconoce su funcionamiento. Además, hay que adaptarse a la tecnología y lenguaje en el que este ha sido implementado, concretamente bajo el framework Angular, también desconocido hasta el momento.

En cuanto a las propiedades de origen externo tenemos del lado positivo las oportunidades y del lado negativo las amenazas.

Disponemos de varias oportunidades, la primera es el pleno crecimiento y evolución del sector del e-learning, que junto al sector de la accesibilidad web nos puede permitir alcanzar un mayor número de usuarios y, por lo tanto, poder concienciar a la gente sobre la importancia de la accesibilidad web en el e-learning.

Otra oportunidad es no disponer de mucha competencia, puesto que el sector del e-learning es relativamente reciente y está en pleno crecimiento.

Finalmente, dentro de las amenazas tenemos por un lado el posible aumento de la competencia, puesto que como se ha comentado, es un sector que está en pleno crecimiento y, por lo tanto, esto puede producir un aumento de la competencia y que se desarrolle un trabajo igual o similar al que queremos realizar en este proyecto.

Por otro lado, tenemos la amenaza externa de, llegado el momento de publicar nuestro curso e-learning, no poder conseguir un número suficiente de usuarios que lo realicen, y, por lo tanto, no poder conseguir una recolección de datos lo suficientemente grande para poder llevar a cabo nuestra investigación y análisis de la mejor manera.

2.2. Análisis de riesgos

Además del análisis DAFO, es conveniente complementar el apartado de análisis de viabilidad del proyecto analizando los riesgos que pueden causar un cambio en la planificación y alterar el rumbo del proyecto y de esta manera su éxito.

Sea cual sea el proyecto, siempre estará expuesto a unos riesgos que pueden afectar en mayor o menor medida a su desarrollo y por ello es muy útil identificarlos desde un principio, para poder plantear posibles planes de contingencia que se puedan aplicar en caso de producirse alguno de ellos.

Como posibles riesgos para este proyecto tenemos:

- Enfermar: este es un riesgo que puede ocurrir de manera imprevista. Por lo tanto, desde un principio hay que tener en cuenta que, si este proyecto está destinado para desarrollarse en unas 300 horas, debemos planificar todo el trabajo reservando un pequeño porcentaje de esas horas. De esta manera, si el grado de enfermedad es leve, se puede modificar la dosificación de trabajo de manera que se pueda seguir con la constancia, pero con una carga menor a la normal sin afectar la fecha de finalización del proyecto, puesto que podemos disponer de las horas que se reservaron.

No obstante, si el grado de enfermedad es más grave e impide poder seguir trabajando a un ritmo constante, aunque sea con una carga de trabajo menor, el plan de contingencia sería, en función de la evolución del estado, plantear presentar el trabajo en una convocatoria posterior.

- Fallo o rotura del equipo de trabajo: es otro factor de riesgo que puede ocurrir en cualquier momento. Uno de los efectos más graves que puede provocar es que no se pueda recuperar todo el trabajo que teníamos realizado en dicho ordenador. Por lo tanto, es primordial que desde el inicio del proyecto se realicen copias de seguridad periódicas ya sea en plataformas remotas o en dispositivos de almacenamiento físicos.

Por otro lado, en este caso también habría que disponer del porcentaje de horas reservado en la planificación, para poder invertirlo en intentar conseguir otro equipo ya sea prestado por parte de familiares o amigos, o hacer uso de los equipos que ofrece la Universidad en las salas de trabajo, hasta que se pueda volver a disponer de un equipo propio.

- Mala adaptación a las tecnologías empleadas: cuando nos enfrentamos a un nuevo lenguaje de programación, framework o sector es probable que resulte algo difícil adaptarse a estos nuevos conocimientos. Por lo tanto, hay que tener bien planificado que el periodo de formación, sobre los conocimientos nuevos requeridos para llevar a cabo el proyecto, sea de las primeras tareas de trabajo que se realicen. De esta manera, se va a poder conocer la evolución de la adaptación de manera temprana y se podrá disponer de un margen suficiente para modificar la planificación en caso de requerirse más tiempo de formación.
- Aumento de la carga de trabajo de otras asignaturas: puesto que este proyecto se va a llevar a cabo junto al resto de asignaturas pertenecientes al cuarto curso académico de la titulación, puede ocurrir que la carga de trabajo de alguna o varias de estas asignaturas aumente y consuma más tiempo del esperado. Por lo tanto, también hay que tener planificado el trabajo de este proyecto de tal manera que dispongamos de un pequeño porcentaje de horas de reserva. Con esto, en caso de ser necesarias se podrían invertir en otras asignaturas sin afectar al resultado de este proyecto.

Después de analizar los riesgos a los que se puede exponer el proyecto y hacer el análisis DAFO, ya se puede tener una perspectiva más adecuada para valorar si el proyecto es viable o no.

Para los riesgos analizados ninguno resulta ser una grave amenaza para llevar a cabo con éxito el proyecto. A cada uno de ellos se le ha planteado como mínimo un posible plan de contingencia que evitaría que se altere dicho éxito.

Por otro lado, tras estudiar en el análisis DAFO las características negativas y positivas tanto de origen interno como externo, la balanza se inclina más por el lado de las características positivas y estamos en disposición de trazar una planificación y estrategia aprovechando dichas oportunidades y fortalezas para contrarrestar las amenazas y debilidades.

Tras este análisis nos queda claro entonces, que este proyecto es viable y se puede llevar a cabo con total seguridad.

3. Planificación

Dedicarle un tiempo a la realización de la planificación del proyecto es algo muy importante. Ayuda a estimar desde un principio en qué momento vamos a pasar por cada fase y establece una fecha límite para cada una de ellas dentro del tiempo del que disponemos para completar el proyecto, haciendo que de esta manera vayamos teniendo avances progresivos.

Hay que tener en cuenta que durante los primeros meses de inicio del curso se estuvo pensando en qué idea de proyecto llevar a cabo, y fue hasta finales de noviembre cuando se decidió la elección de la que estamos realizando en este trabajo.

Por lo tanto, a partir de diciembre se tuvo clara la idea sobre la que se iba a trabajar y el objetivo era presentar el proyecto en la convocatoria de junio. Teniendo en cuenta que este trabajo está pensado para que se le dediquen unas 300 horas, vamos a realizar la planificación repartiendo dichas horas entre las diferentes fases de trabajo dentro del período que va desde diciembre hasta junio.

Como se puede ver en la Tabla 1, se va a dividir la planificación en tres bloques principales. El primer bloque se planifica para llevarlo a cabo en el mes de diciembre, y contiene las fases de motivación, introducción, estudio de viabilidad, planificación, estado del arte, objetivos y metodología.

El segundo bloque comienza a partir del 1 de enero y conllevará el diseño e implementación del curso e-learning para que sea publicado de manera online con fecha límite hasta el 15 de marzo.

Una vez publicado el curso e-learning, entramos dentro del tercer bloque que conlleva la realización del curso e-learning por parte de usuario reales y la monitorización de su aprendizaje para recolectar dichos datos y llevar a cabo la fase de pruebas y análisis. Posteriormente, realizaremos la fase de resultados, sacaremos conclusiones, posible trabajo futuro y en último lugar se redactará el resumen, bibliografía, agradecimientos y citas.

*Tabla 1. Planificación temporal
(Elaboración propia)*

Contenidos	Tiempo total	Fecha límite de finalización
Motivación, justificación, objetivo general Introducción Estudio de viabilidad Planificación Estado del arte Objetivos Metodología	1 mes	29 de diciembre
Desarrollo del curso e-learning	2 meses y medio	15 de marzo
Pruebas y análisis Resultados Conclusiones y trabajo futuro Resumen Referencias y bibliografía Agradecimientos y citas	1 mes y medio	1 de junio

4. Estado del arte

Vamos a tratar más en profundidad todos aquellos ámbitos principales que están relacionados con nuestro proyecto como son el proyecto del cual partimos, la accesibilidad web, el e-learning y el nivel de monitorización en las plataformas disponibles hoy en día.

Todo ello con el objetivo de hacernos más conocedores en estos ámbitos para poder llevar a cabo nuestro trabajo de la mejor manera.

4.1. Antecedentes

Este proyecto busca complementar a la base realizada en un TFG anterior, en el cual se implementó un visor de cursos e-learning, que a su vez conectaba con un API encargado de recoger la actividad del usuario dentro del curso (xAPI). De esta manera se buscaba crear una plataforma en la que se puedan publicar cursos e-learning y que se disponga de unos registros de interacción del usuario con el curso más detallados en comparación con los que se ofrecen normalmente en las plataformas de e-learning.

El visor fue implementado en Angular, y la forma de publicar los cursos en él consiste en crear el contenido en un fichero con formato *Javascript Object Notation* (JSON), siguiendo una estructura de objetos anidados que posteriormente se traducen en componentes visuales. Finalmente, este contenido se exporta a la base de datos, basada en el servicio Firestore de Firebase y el proyecto lee de dicha base de datos mostrando el contenido del curso.

La segunda parte, la cual es este proyecto que estamos llevando a cabo, busca diseñar un curso e-learning completo sobre una temática concreta y publicarlo sobre dicho visor de cursos, para que usuarios reales lo realicen. Creando los componentes adicionales que se consideren necesarios para el diseño de nuestro contenido dentro del visor.

Recogeremos los registros de actividad de los usuarios durante el curso, y trazaremos una estrategia de análisis para poder detectar cómo se generan barreras de aprendizaje para los

estudiantes en función de cómo está diseñado el contenido del curso y de la accesibilidad web que se proporciona para los estudiantes con discapacidad.

4.2. Evolución del e-learning

La educación en línea o e-learning ha evolucionado de manera considerable en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje en los últimos años. Esto se ha visto impulsado por varios motivos, como puede ser la evolución de las tecnologías y su integración en nuestras vidas o la flexibilidad de la que se dispone para acceder al contenido desde diversas plataformas además del ordenador.

Es importante diferenciar que la educación en línea no es lo mismo que la educación a distancia. Esta última no tiene porqué hacer uso de tecnología, como sí lo hace la educación en línea, pero ambas comparten el modelo de enseñanza apoyado en la no presencialidad.

Stephen Downes (2012) establece diferentes generaciones que componen la evolución del e-learning, las cuales han ido conviviendo a lo largo del tiempo:

- Generación cero: fue aquella en la que lo importante era utilizar los ordenadores para transmitir contenidos instructivos y realizar actividades basadas en pruebas y cuestionarios evaluativos.
- Generación uno: aparece a partir de Internet y se caracteriza por la comunicación virtual facilitada por el correo electrónico.
- Generación dos: surge a principios de los noventa y se caracteriza por aplicar los juegos de ordenador para la enseñanza en línea.
- Generación tres: en esta generación se produce la aparición de los sistemas de gestión de aprendizaje o *learning management systems* en inglés (LMS), y permite conectar los contenidos de la generación cero con las plataformas, por lo que fue una fase muy importante, consolidándose en ella el concepto del aula virtual.

Autores como Area Moreira y Adell Segura señalan cómo el e-learning tiene lugar totalmente o en parte a través de una especie de aula o entorno virtual en el cual

tiene lugar la interacción profesor-alumnos, así como las actividades de los estudiantes con los materiales de aprendizaje (2009, pág. 2).

- Generación cuatro: se caracteriza por el uso de la Web 2.0, y un aspecto importante es que cambia la naturaleza de la interacción en la red, donde ahora los nodos representan a personas y no a ordenadores. Este hecho se ve impulsado por un factor muy importante, el uso de los dispositivos móviles.
- Generación cinco: caracterizada por la computación en la nube y el contenido abierto.
- Generación seis: aparición de cursos abiertos masivos en línea o *massive open online courses* (MOOCs). Se trata de cursos a distancia, a los que se accede mediante Internet y a los que se puede apuntar cualquier persona y prácticamente sin límite de participantes.

Como se puede observar, con el paso de las diferentes generaciones, van apareciendo recursos y espacios cada vez más amplios, haciendo que el aprendizaje no esté solo centralizado en un único nodo.

Hoy en día el diseño pedagógico de la educación a distancia tiene diversos enfoques y no hay un patrón fijo. Podemos encontrar desde cursos e-learning “tradicionales” hasta MOOCs con diseños diversos. No obstante, todos los casos coinciden en que son modalidades formativas que no requieren presencialidad física y la docencia tiene lugar de forma totalmente virtual. En el caso de los MOOCs, son cursos que ofrecen un contenido estructurado sobre una temática en concreto, pero se espera que los estudiantes sean autónomos y realicen sus propias conexiones sociales y conceptuales para cubrir sus necesidades, lo cual es un elemento clave para el aprendizaje (Daniel, Vázquez Cano, & Gisbert Cervera, 2015).

Hoy en día, la mayoría de los LMS disponibles están controlados de manera bastante cerrada y estricta por sus compañías, lo cual dificulta la ampliación de sus funcionalidades y su integración con recursos de manera que se adapten mejor a las necesidades del alumno.

En muchos estudios sobre la eficacia del e-learning se ha seguido una metodología comparativa, es decir, muchos se han centrado en saber si es mejor el aprendizaje a través de un entorno presencial o en uno virtual sin considerar los beneficios y peculiaridades de

cada vertiente de aprendizaje. Ciertos estudios se preguntan si se deberían tomar las mismas medidas de efectividad en las diferentes modalidades o se debería considerar al e-learning como una metodología de aprendizaje única, aplicando unas medidas adaptadas para él (Noesgaard & Ørngreen, 2015, pág. 280).

Un factor en el que coinciden muchas investigaciones es que en el aprendizaje en línea es muy importante la creación de cursos bien diseñados, que incorporen diseños interactivos y llamativos para el estudiante (Siemens, Kavanovic, Gašević, & Joksimović, 2014). Otros estudios (Darabi, Liang, Suryavanshi, & Yurekli, 2013) llegan a conclusiones similares, además de indicar que un seguimiento continuo o monitorización también influye en el rendimiento del estudiante.

Otro factor muy importante que influye en el rendimiento y el aprendizaje del estudiante en el e-learning, además de la calidad del diseño pedagógico, es su capacidad de gestión y de dirigir su propio proceso de aprendizaje. Varios estudios como los de Rowe y Rafferty (2013) o Van Laer y Elen (2016), indican que los estudiantes con menos capacidad de autonomía tienden a fracasar en el aprendizaje e-learning y, por el contrario, los más exitosos son aquellos que disponen de una mejor capacidad de autorregulación.

Queda claro entonces, que el factor de la autorregulación juega un papel muy importante en un entorno e-learning. Por ello, Dabbagh y Kitsantas (2012) afirman que la educación en línea es un escenario perfecto para desarrollar las habilidades de autorregulación y autogestión en el aprendizaje.

Por lo tanto, el e-learning requiere de la autorregulación por parte del alumno y, por otro lado, requiere de un buen diseño pedagógico además de un apoyo externo. Ayudar al estudiante a aumentar la habilidad de autorregulación en el aprendizaje es todo un reto y, ante los avances tecnológicos en el e-learning, tenemos varias tendencias. Estas tendencias apuntan a conseguir aportar una retroalimentación rápida al estudiante, por ejemplo, mediante el uso de agentes inteligentes o las analíticas de aprendizaje.

Los agentes inteligentes o tutores adaptativos son agentes pedagógicos que pueden ser muy útiles en entornos de aprendizaje en línea, en los que se monitoriza la actividad del estudiante mediante tecnologías de seguimiento. De esta manera, el objetivo es que gracias

a la monitorización constante de los resultados se pueda ofrecer ayuda y feedback. Esta tendencia tecnológica está empezando a ganar revuelo y, por ejemplo, Pearson y Knewton se han asociado para desarrollar MyLab & Mastering², la cual es una plataforma para aprender matemáticas de manera adaptativa y que se está aplicando en la Universidad de Arizona.

Esto se puede combinar con el uso de agentes inteligentes o sistemas que proporcionan recomendaciones personalizadas para cada estudiante (Vázquez Cano, 2015, pág. 55). Es un proceso dinámico en el que de manera continua se recoge información del estudiante, esta se procesa y se presentan recomendaciones personalizadas. Estas recomendaciones pueden ser de distintos tipos, como sugerencias sobre acciones a realizar en el curso, actividades complementarias, recomendación de material complementario, sugerir personas de interés o cualquier otro recurso educativo que pueda potenciar el aprendizaje del alumno.

El uso de analíticas de aprendizaje también puede proporcionar información útil sobre el aprendizaje de los alumnos. Para ello, hay que determinar qué tipo de datos son los más importantes para tener en cuenta durante el proceso de aprendizaje para poder monitorizarlos adecuadamente. De esta manera podremos detectar barreras de aprendizaje y predecir futuras acciones. Por otro lado, hay que determinar qué tipo de acciones se van a tomar en función de la interpretación de los datos recogidos.

En conclusión, a pesar de que el e-learning puede causar desconfianza como herramienta de aprendizaje, a medida que pasa el tiempo se demuestra cada vez más su eficacia, evolucionado considerablemente. El uso de LMS ha estado muy ligado con la enseñanza virtual, aunque ya no son el único componente de la formación en línea y las tendencias futuras van a buscar combinar estos LMS con distintas herramientas y servicios.

También es importante destacar que no se debe estar comparando directamente al e-learning con la formación presencial, puesto que tienen distinto diseño pedagógico, y como han demostrado diferentes estudios, el e-learning es una modalidad perfecta para desarrollar capacidades personales de autorregulación (Gros Salvat, 2018).

² <https://www.pearsonmylabandmastering.com/global/>

4.3. Importancia de la accesibilidad web dentro del e-learning

Como hemos visto en el apartado anterior, el e-learning está en continuo crecimiento como nueva metodología de enseñanza, y se ha comentado la importancia del diseño pedagógico del curso y del seguimiento de los alumnos para proporcionarles un mejor aprendizaje.

Pero otro factor muy importante que hay que tener en cuenta es la accesibilidad web, ya que como sabemos, significa que personas con algún tipo de discapacidad puedan hacer uso de la Web, por lo tanto, que las plataformas web de e-learning sean accesibles es algo fundamental para que todos los usuarios con alguna discapacidad puedan también percibir, entender, navegar e interactuar con la plataforma web pudiendo adquirir el aprendizaje.

Gran parte de la gestión de la enseñanza en línea se hace a partir de LMS o sistemas de gestión de aprendizaje, como pueden ser Moodle o Sakai. Por lo general, estas plataformas cumplen con los patrones de accesibilidad web, pero esto no es suficiente, puesto que los LMS son sólo la puerta de acceso a la formación propiamente dicha. Una vez dentro, el alumno se encuentra material educativo que puede ser texto, imágenes, vídeos, tablas de contenido, entre otros. Por lo tanto, hay que asegurar que dicho contenido educativo también sea accesible ya que es el núcleo del aprendizaje, lo cual implica que el profesor o creador del contenido e-learning debe tener en cuenta ciertos requerimientos esenciales de accesibilidad. Con esto no sólo se beneficiarían las personas con discapacidad, que no son pocas ya que, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 15% de la población mundial padece alguna discapacidad (2017). También puede mejorar el aprendizaje de personas sin discapacidad (Pérez Martínez, 2019).

A continuación, vamos a ver los principales problemas de accesibilidad que se encuentran en la Web los usuarios con discapacidad:

- Vídeos con únicamente audio, sin ofrecer subtítulos o algún tipo de transcripción textual porque el creador no los ha proporcionado o porque el reproductor utilizado no soporta el uso de subtítulos. Este es un problema muy frecuente y al que se enfrentan muchos usuarios con sordera, y si se encuentran ante esta situación dentro

de un curso e-learning en el cual el vídeo trata sobre material didáctico, estarían perdiendo el acceso a parte del contenido necesario para el correcto aprendizaje.

- Muchas veces es necesario apoyarse en imágenes para explicar determinado contenido o para complementarlo, lo cual es muy útil en el ámbito de la docencia. No obstante, es un elemento que genera una importante barrera de accesibilidad para los usuarios invidentes si no se utiliza adecuadamente.

Para que una imagen sea accesible hay que declarar un texto alternativo y este debe ser correctamente descriptivo, puesto que ese puede ser otro problema.

- El uso de elementos CAPTCHA es otro factor que causa mayor problema de accesibilidad a los usuarios con discapacidad. Los CAPTCHA son elementos que se utilizan para validar que el usuario es un humano y no un programa automático.

Hay tres tipos globales de captcha:

- Visuales: son aquellos en los que, por ejemplo, se muestra una imagen con texto distorsionado y hay que escribir dicho texto o hay que identificar alguna imagen concreta dentro de un grupo de imágenes. Este tipo de CAPTCHA es un problema para las personas invidentes.
- Auditivos: son aquellos en los que el texto que hay que escribir se reproduce de manera auditiva con un sonido distorsionado de fondo. Este tipo de CAPTCHA es un problema para las personas con discapacidad auditiva.
- Lógicos: son aquellos en los que se presenta un pequeño desafío lógico, como puede ser una pequeña operación matemática o algún juego simple. Este tipo de CAPTCHA puede ser un problema para las personas con problemas cognitivos.

Para hacer que un CAPTCHA sea accesible deberíamos por lo menos ofrecer dos alternativas sensoriales para resolverlo, por ejemplo, una visual y otra auditiva (Figura 2). Además, se debería proporcionar un texto alternativo que explique el objetivo del CAPTCHA.



Figura 2. Ejemplo de CAPTCHA con alternativa visual y auditiva
(Fuente: <http://www.captcha.net/>)

- El uso inadecuado o incorrecto de las tablas es otro gran problema que se encuentran las personas con discapacidad, sobre todo los usuarios invidentes los cuales hacen uso de un lector de pantalla.

Si podemos ver una tabla es fácil interpretarla y establecer la correspondencia entre columnas y filas, pero cuando es interpretada por un lector de pantalla es fácil que sea transmitida incorrectamente si no se ha diseñado de manera apropiada. Para ello, hay que tener en cuenta unos términos para hacer que una tabla sea accesible y hacer que el usuario invidente la perciba adecuadamente.

Dentro de las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web o *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.0, se describe cómo podemos hacer que nuestro contenido en la Web sea accesible. Para las tablas HTML, encontramos en primer lugar que hay que utilizar adecuadamente los elementos básicos para indicar encabezados (etiqueta *th*) y datos (etiqueta *td*)³.

En segundo lugar, hay que indicar el título de la tabla dentro de la etiqueta *caption*, para que de esta manera el lector de pantalla pueda asociar el título con la tabla y sea más fácil para el usuario invidente navegar por los títulos de las tablas si lo necesita⁴.

En tercer lugar, hacer uso del atributo *summary* de la etiqueta *table* es muy útil, puesto que permite escribir un resumen en el que se indique cómo se organiza el contenido de la tabla, y sólo lo leen los lectores de pantalla sin que sea visible en la página⁵. No obstante, este atributo ya no está soportado en HTML5⁶.

³ Fuente: <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H51.html>

⁴ Fuente: <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H39.html>

⁵ Fuente: <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H73.html>

⁶ Fuente: <https://www.w3.org/WAI/tutorials/tables/caption-summary/>

En cuarto lugar, utilizar el atributo *scope* de las etiquetas de encabezados (*th*) para indicar en qué ámbito se encuentran, es decir, indicando si es un encabezado de columna o de fila (tomando los valores *col* y *row* respectivamente). Con esto el objetivo es asociar los encabezados con las celdas de datos⁷.

Por último, en caso de tablas complejas en las que una celda de datos está relacionada con más de un encabezado, se debe utilizar el atributo *id* de los encabezados (*th*) y el atributo *headers* de las celdas, con el objetivo de indicar un identificador único para cada encabezado y, en cada celda de datos indicar en su atributo *headers* los identificadores de los encabezados con los que está asociada⁸. De esta manera, permitimos que los lectores de pantalla puedan leer para cada celda de datos los encabezados a los que pertenece, haciendo que la interpretación y comprensión del contenido para el usuario sea mucho más clara.

Es importante destacar que las tablas solo se deben usar para mostrar contenido tabular y no para diseñar el esqueleto del contenido de la Web. Esta práctica es otro de los motivos que hace que los usuarios con lectores de pantalla no puedan navegar y percibir como es debido el contenido.

- Los enlaces también causan problemas para los usuarios que utilizan lectores de pantalla. Una de las principales funciones de los lectores de pantalla, es poder navegar saltando entre los diferentes enlaces. Por lo tanto, de esta forma sólo se lee el texto del enlace y no el contexto en el que está y, si su texto no es lo suficientemente descriptivo, el usuario no podrá saber cuál es el objetivo de dicho enlace (por ejemplo, enlace con texto *Leer más* o *Clic aquí*).

Por lo tanto, una de las principales estrategias para hacer que un enlace sea accesible es hacer que su texto sea lo suficientemente descriptivo por sí mismo. Otra opción es, si queremos proporcionar texto más descriptivo pero que no se vea en la página, ocultarlo mediante CSS. De esta manera, los lectores de pantalla lo leerían sin que sea visible.

⁷ Fuente: <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H63.html>

⁸ Fuente: <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H43.html>

También es aconsejable que todos los enlaces que redirijan al mismo destino contengan la misma descripción, y si son distintos que no tengan la misma descripción.

- Contenido dinámico como, por ejemplo, tarjetas que contienen un título o una imagen y que requieren situar el cursor del ratón por encima de su superficie para que se produzca una transición y se muestre más contenido. Este tipo de elementos son un problema para usuarios invidentes, al no poder realizar dicha acción y por lo tanto dicho contenido ser invisible para su lector de pantalla.
- Una de las principales estrategias que utilizan los usuarios invidentes para conocer a grandes rasgos el contenido de las páginas, es navegar entre los encabezados mediante el lector de pantalla. Por lo tanto, si la disposición de los encabezados es inadecuada o no se utilizan, impedimos la navegación a dichos usuarios.

Hay que utilizar encabezados, y que sean descriptivos ya que además de ayudar a los usuarios invidentes, sirven de ayuda a los usuarios con discapacidad cognitiva permitiéndoles entender mejor las relaciones entre los bloques de contenido.

Es importante no utilizar los encabezados dónde no se necesitan, puesto que todo lo que se declara como encabezado lo extrae el lector de pantalla como parte del esquema de contenido de la página. Además, es importante utilizar adecuadamente el tamaño de los niveles de encabezado mediante HTML en lugar de simularlos mediante CSS, puesto que los usuarios con dificultades visuales que utilizan sus propias hojas de estilo (por ejemplo, para mejorar el contraste) perderían la diferencia de tamaños entre los diferentes niveles de encabezado.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que en HTML tenemos distintos niveles de encabezado (desde H1 hasta H6, de mayor a menor importancia), y para hacer un uso correcto de ellos, dentro de la jerarquía de un encabezado H-X sólo puede ir uno de nivel H-X o H-X + 1, es decir, los hijos de un encabezado deben ser de un nivel inmediatamente inferior y no dos niveles o más por debajo.

Como hemos podido ver, hay muchos problemas que pueden encontrarse los usuarios con discapacidad a la hora utilizar páginas web. Si uno de estos usuarios quiere realizar un curso e-learning y se encuentra con algún problema como estos, se estaría enfrentando a una clara barrera de aprendizaje. En conclusión, la accesibilidad web es

un factor fundamental en el e-learning para poder ofrecer un aprendizaje adecuado para cualquier usuario.

4.4. Monitorización en plataformas e-learning

Gracias a la evolución del aprendizaje en línea, hoy en día existe una gran variedad de plataformas e-learning o LMS entre las que elegir, siendo algunas de ellas de uso gratuito y otras no.

Como hemos visto en apartados anteriores, la monitorización de los estudiantes en un curso e-learning es de gran importancia y utilidad, puesto que nos permite analizar la evolución y comportamiento del alumno durante el curso con el objetivo de detectar barreras de aprendizaje a las que se pueda enfrentar. Con ello, podemos analizar el motivo de dichas barreras de aprendizaje y tratar de adaptar el curso ofreciendo el mejor aprendizaje posible para los estudiantes.

En este apartado vamos a investigar qué nivel de monitorización ofrecen los LMS más utilizados en la actualidad y que sean de código abierto. Concretamente investigaremos sobre Moodle y Sakai, dos de los LMS de código abierto más utilizados hoy en día.

En la documentación oficial de Moodle encontramos un apartado que trata sobre el seguimiento del progreso⁹, en el cual se expone el nivel de monitorización que ofrece la plataforma. Las opciones de seguimiento son las siguientes:

- Si el administrador activa la opción “finalización de actividad”, los profesores pueden establecer para una determinada actividad del curso un criterio para ser tomada como completada. Estas actividades pueden ser leer un archivo, hacer una entrega, etc. El alumno puede marcarlas como completada o se pueden marcar automáticamente si se cumplen los criterios especificados, y el profesor podrá ver quién ha completado las actividades.
- Al igual que en el apartado anterior, si se activa la opción “finalización del curso” se puede marcar un curso como terminado manualmente o en función de los

⁹ Fuente: https://docs.moodle.org/38/en/Tracking_progress

criterios establecidos. De esta manera los profesores pueden ver el progreso de los alumnos.

- El profesor puede acceder a un registro de actividad del alumno, en el que se pueden ver las acciones que ha realizado dicho estudiante como puede ser una entrega, páginas visitadas dentro del curso, entradas en el foro, preguntas respondidas y no respondidas de una prueba, secciones no visitadas o inicios de sesión.

También puede ver el número de visitas que ha tenido una actividad o publicación.

- Se puede generar un reporte para ver los alumnos que han participado en una determinada actividad.
- El administrador puede activar las estadísticas, lo cual permite ver gráficas y tablas en las que se muestra el número total de visitas que han tenido determinadas partes del curso. Las visitas se clasifican en hechas por alumnos, profesores, invitados o todos.
- Se pueden crear eventos y los profesores suscribirse a ellos para que se reciba una notificación cuando se produzcan. Hay una lista de eventos posibles como, por ejemplo, cuando se produzca una nueva entrada en el foro.
- En cuanto al análisis de datos, a partir de la versión 3.4 se ha introducido un sistema para detectar alumnos en riesgo de abandonar el curso, basado en la inactividad del alumno. Es decir, se considerará como dicho tipo de alumnos a aquellos que llevan un determinado tiempo sin mostrar actividad en el curso.

En cuanto a Sakai, en su documentación oficial no figura ningún apartado en el que se exponga la capacidad de monitorización detallada sobre los alumnos.

En conclusión, dentro de las plataformas LMS más utilizadas aún encontramos que muchas de ellas no ofrecen la posibilidad de una monitorización adecuada. Por otro lado, tenemos plataformas como Moodle que sí ofrecen ciertas posibilidades de monitorización, no obstante, no ofrecen sistemas de análisis capaces de interpretar los datos monitorizados.

Como hemos visto, Moodle ofrece un sistema para detectar alumnos con posibilidades de abandonar el curso, basándose en su inactividad. Pero esto no es suficiente, se deben de interpretar de manera más detallada los datos monitorizados y detectar barreras de

aprendizaje para poder solucionarlas y ofrecer un mejor servicio de enseñanza antes producirse posibles abandonos.

5. Objetivos

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un curso e-learning sobre una temática concreta, para que posteriormente usuarios reales lo realicen y monitorizar el aprendizaje de dichos usuarios elaborando una estrategia de análisis que nos permita detectar barreras de aprendizaje que puedan ser producidas por el diseño pedagógico o por problemas de accesibilidad en el contenido.

Para cumplir con este objetivo global, tenemos las siguientes metas más específicas:

- En primer lugar, debemos conocer más en detalle y adquirir conocimiento sobre la accesibilidad web, para poder conocer los efectos y el alcance que puede tener dentro del e-learning.
- Determinar la temática sobre la que vamos a desarrollar el contenido del curso e-learning. Una vez elegida la temática hay que investigarla en profundidad para poder diseñar, analizar y determinar el contenido pedagógico del curso.
- Desarrollar el curso e-learning con el contenido basado en la temática escogida y una vez lo tengamos, desarrollar una segunda versión del curso en la que introduciremos estratégicamente problemas de accesibilidad en el contenido. De esta manera tendremos dos versiones del curso, una totalmente accesible y otra con problemas de accesibilidad.
- Publicar las dos versiones del curso, para que usuarios reales las realicen. Una vez publicadas se van a monitorizar para recoger datos de interacción de los usuarios con el curso. Finalmente, analizaremos los datos y compararemos los resultados de ambas versiones para investigar cómo afectan los problemas de accesibilidad en el aprendizaje.

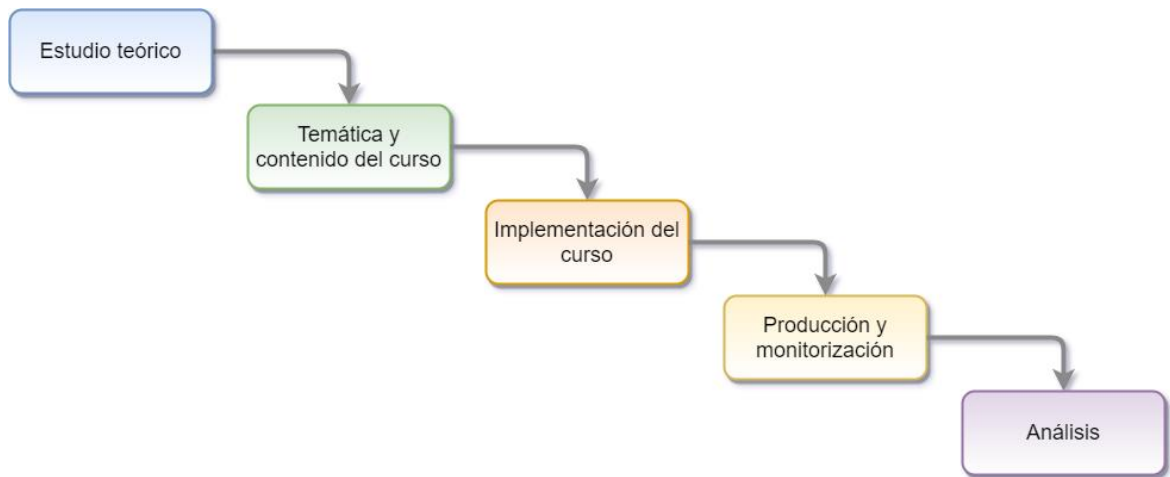
6. Metodología

Para llevar a cabo el proyecto, hemos pasado por diferentes etapas secuencialmente como podemos ver en la Figura 3.

Al comenzar el proyecto, se ha hecho un estudio teórico sobre todos los ámbitos que requerían ser conocidos para desarrollar el trabajo. Dentro de estos ámbitos, en primer lugar, se investigó y se estudió el proyecto base del que partimos, un visor de cursos e-learning, el cual fue realizado en un TFG anterior. Es importante conocer sus fundamentos y aprender las tecnologías en las que se basa, puesto que es nuestro punto de partida. De la misma manera, se ha hecho una investigación y estudio sobre la evolución y el estado actual del e-learning, ya que el núcleo de nuestro proyecto va a ser un curso e-learning. Por otro lado, se ha realizado un estudio sobre la accesibilidad web para conocer su importancia y su alcance sobre los usuarios con discapacidad dentro del aprendizaje en línea, y como parte de ello se ha llevado a cabo un curso online gratuito (Luján Mora, y otros).

Posteriormente pasamos a determinar la temática sobre la que se iba a desarrollar nuestro curso, y una vez decidida se procedió a estudiar y diseñar el contenido que lo iba a componer. Asegurándonos de buscar y extraer toda la información de fuentes oficiales y especializadas en su ámbito. Una vez formado el contenido del curso, se procedió a implementarlo y publicarlo.

Finalmente, tras publicar el curso, nos centramos en monitorizarlo y extraer los datos generados a raíz de la actividad de los usuarios. De esta manera, hemos podido llevar a cabo una estrategia de análisis sobre dichos datos que nos permitiera poder reconocer cuándo se están produciendo barreras de aprendizaje en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.



*Figura 3. Diagrama de la metodología secuencial seguida
(Elaboración propia)*

6.1. Software necesario

Para llevar a cabo el proyecto, principalmente hemos hecho uso del siguiente software:

- **Microsoft Word:** procesador de texto desarrollado por Microsoft. Ha sido utilizado para redactar el documento de la memoria.
- **Microsoft Excel:** gestor de hojas de cálculo desarrollado por Microsoft. Utilizado para llevar a cabo los cálculos estadísticos del análisis de los datos monitorizados.
- **VisualStudio Code:** editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Se ha utilizado para desarrollar el código fuente del curso e-learning.
- **Angular:** framework para aplicaciones web mantenido por Google. Es el framework utilizado para la implementación del visor de cursos y sobre el que hemos continuado trabajando en este proyecto.
- **Node:** entorno en tiempo de ejecución multiplataforma de código abierto, para la capa del servidor basado en el lenguaje de programación JavaScript. Es la plataforma sobre la que funciona el visor implementado en Angular.
- **Firebase:** plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles desarrollada por Google. Se ha hecho uso de ciertos servicios que ofrece:
 - Cloud Firestore: servicio de base datos no relacional en la que se almacena el contenido de nuestro curso.

- Almacenamiento: servicio para subir archivos y poder tener enlaces de acceso a ellos. En nuestro caso lo utilizamos para almacenar imágenes de las que se hace uso en el contenido del curso e-learning.
- Autenticación: servicio para gestionar el sistema de autenticación del visor e-learning.
- Hosting: utilizado para poner en producción el curso, una vez terminado su desarrollo.
- **Scorm Cloud:** es el *Learning Record Store* o LRS empleado en este proyecto, es decir, lo utilizamos como la base de datos en la que se almacenan todos los registros de actividad que se producen por los usuarios dentro del curso.
- **Postman:** herramienta que principalmente nos permite crear peticiones sobre APIs de una forma muy sencilla. Ha sido utilizada para hacer peticiones al API de Scorm Cloud, para obtener los registros de actividad almacenados.

7. Desarrollo del curso e-learning

Vamos a abordar en este apartado todo el proceso de desarrollo del curso e-learning, desde la fase inicial como puede ser la decisión de la temática, hasta su publicación online, pasando por todas las fases intermedias de diseño e implementación.

7.1. Temática del curso

En primer lugar, lo que había que tener claro desde el principio es la temática sobre la que iba a tratar el curso e-learning. Esta es una decisión importante porque uno de los objetivos del curso es ser realizado por usuarios reales, por lo tanto, necesitamos una temática que despierte interés en ellos y resulte útil aprender sobre ella.

Tras barajar diversas propuestas, se tomó la decisión de desarrollarlo sobre la temática del **consumismo y el cambio climático**. Se consideró que esta era una temática muy interesante, puesto que es algo que estamos viviendo mundialmente. Los efectos del cambio climático son evidentes y están cada vez más presentes, y en gran medida están provocados por el consumismo que está llevando a cabo la población mundial.

Por lo tanto, la idea del curso va a ser orientar el contenido de tal manera que pongamos en situación al usuario sobre el cambio climático, el consumismo actual y pueda aprender a cómo mejorar su consumo en diferentes ámbitos de la vida cotidiana ayudando a reducir los efectos del cambio climático.

Una vez decidida la temática, se hizo un proceso de investigación entre las principales entidades en el ámbito del cambio climático. La que mejor se adaptaba al contenido que se necesitaba para este curso ha sido Greenpeace España¹⁰ y esta ha sido nuestra principal fuente de información.

¹⁰ <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>
<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/>

7.2. Contenido del curso

El contenido se va a diseñar de tal manera que la realización completa del curso requiera que el usuario le dedique un tiempo medio de cuarenta y cinco minutos. Se ha considerado que este es un tiempo adecuado para un curso de esta índole, de tal manera que no se haga ni demasiado corto ni demasiado largo para el usuario y tras dedicarle ese periodo de tiempo haya podido aprender cosas nuevas.

Tras haber decidido la temática del curso e-learning (consumismo y el cambio climático) y tener claro el enfoque del contenido, vamos a desglosarlo para conocer los bloques en los que se va a dividir, y al mismo tiempo las lecciones que van a contener dichos bloques.

Vamos a dividir el curso en tres bloques principales:

- En primer lugar, el bloque de la **introducción**. Este va a ser el más corto y su finalidad es introducir al usuario cuál es el objetivo del curso que va a comenzar a realizar y cuáles van a ser los temas que se van a tratar a lo largo de este.

Por lo tanto, este bloque va a tener dos lecciones. En primer lugar, va a haber una lección introductoria en la que se va a dar la bienvenida al usuario y en la que se le va a explicar resumidamente cuál es el objetivo del curso y lo que puede aprender en él. De esta manera, intentamos que el usuario se haga una idea global de lo que va a encontrar y captar su interés para continuar con el curso.

Por otro lado, en la segunda y última lección de este bloque introductorio, vamos a listar de manera más concreta los diferentes puntos relacionados con el consumismo y el cambio climático que se van a abordar durante el curso.

- En segundo lugar, el bloque sobre el **cambio climático**. Dentro de este bloque se van a tratar diferentes puntos relacionados con el cambio climático, y además introduciremos dos pruebas o test para que el usuario pueda demostrar lo que ha ido aprendiendo durante estas lecciones.

Concretamente, vamos a tener nueve lecciones en este bloque. En la primera lección vamos a hablar de la situación actual y expondremos los impactos sociales y económicos que se están produciendo hoy en día a causa del cambio climático. El objetivo es poner al usuario al corriente de la situación actual.

En la segunda lección, tras haber puesto en situación al usuario, vamos a hablar de las energías renovables y su potencial, puesto que son una de las principales soluciones contra el cambio climático.

La tercera lección va a ser un test en el que realizaremos seis cuestiones sobre el contenido visto hasta este momento en el bloque. Tanto en este test como en los otros que va a haber durante el curso, para cada pregunta habrá cuatro posibles respuestas y solo una de ellas será la correcta. Tras responder a una pregunta siempre va a haber un texto de feedback en el que se justificará la respuesta correcta. El objetivo de las tres siguientes lecciones es hablar sobre los principales mitos que hay entorno a las energías renovables y desmentirlos de manera justificada. Concretamente, la cuarta lección tratará sobre el mito que indica que la energía renovable es incompatible con las aves y su entorno, la quinta sobre el mito que indica que las placas solares son peligrosas para el medio ambiente y la sexta sobre el mito que indica que las energías renovables son intermitentes y necesitan del respaldo de otras energías más fiables.

Tras dichas lecciones haremos un segundo test, correspondiente en este caso a la séptima lección. Constará de cinco cuestiones sobre el contenido visto en las tres últimas lecciones, las cuales trataban sobre los mitos de las energías renovables.

Finalmente, acabaremos este bloque dando catorce consejos de cómo ahorrar energía para que el usuario pueda beneficiarse ahorrando en su factura y al mismo tiempo ayudar al medio ambiente. Estos consejos se van a dividir entre dos lecciones, en las que cada una de ellas contendrá siete de ellos.

- En tercer lugar, el bloque sobre el **consumismo**. En este bloque vamos a centrarnos en el consumismo mundial y sus efectos sobre el medio ambiente, enseñando cómo consumir mejor en los ámbitos principales de la vida cotidiana. Finalmente, haremos un test para evaluar los conocimientos adquiridos por el usuario en este bloque.

Concretamente, vamos a tener ocho lecciones, donde la primera lección, como hemos hecho en el bloque del cambio climático, la vamos a aprovechar para concienciar al usuario, en este caso, sobre el consumismo. Para ello expondremos cifras e impactos que están habiendo en el planeta a raíz de esto.

En la segunda lección, tras haber explicado el impacto del consumismo actual, aclaremos al usuario la importancia y la necesidad de mejorar nuestro consumo para lograr un gran cambio.

De esta manera, una vez expuesto el consumismo actual y la importancia de que la humanidad mejore en este aspecto, en las siguientes lecciones vamos a centrarnos en enseñar distintas formas para mejorar nuestro consumo. En la tercera, cuarta, quinta y sexta lección enseñaremos a cómo consumir mejor en los ámbitos del transporte, de los productos electrónicos, de la alimentación y del pescado respectivamente.

Finalmente, en la séptima lección haremos un test que constará de cinco cuestiones basadas en lo aprendido en este bloque. La octava y última lección de este bloque y por consiguiente de este curso, será una lección de cierre en la que agradeceremos al usuario por haber realizado nuestro curso.

7.3. Diseño de los problemas de accesibilidad

Recordemos que uno de los objetivos principales de este proyecto es producir dos versiones del curso e-learning. Una versión cuyo contenido sea totalmente accesible y otra versión con el mismo contenido, pero con ciertos problemas de accesibilidad introducidos estratégicamente. Todo ello con el fin de poder comprobar cómo afecta en el aprendizaje de usuarios con discapacidad la accesibilidad web y la importancia de esta en el e-learning.

Una de las principales vías mediante la cual podemos comprobar cómo han afectado los problemas de accesibilidad sobre dichos usuarios, es mediante las pruebas de evaluación. En ellas, la respuesta correcta de las cuestiones va a depender de haber podido percibir correctamente el contenido didáctico, por lo tanto, si dichas partes del contenido no han podido ser accesibles para los usuarios con discapacidad, estos no podrán responder correctamente a las cuestiones que se les planteen sobre ello y se vería reflejado en el análisis de los datos monitorizados.

Por lo tanto, tras conocer cuál va a ser el contenido de nuestro curso e-learning y cómo lo queremos estructurar, vamos a plantear qué problemas de accesibilidad introduciremos en la segunda versión del curso.

7.3.1. Video

El primer tipo de problema de accesibilidad que vamos a introducir es un vídeo. Los vídeos son uno de los principales problemas que se encuentran dentro de la Web las personas con discapacidad. Por ejemplo, como hemos explicado en el apartado 4.3 sobre la importancia de la accesibilidad web en el e-learning, proporcionar vídeos con sólo audio provoca que los usuarios con sordera no puedan adquirir el aprendizaje que en el propio vídeo se transmite. Por lo tanto, los subtítulos son un pilar fundamental dentro del contenido audiovisual utilizado en el e-learning.

Cabe destacar que hay que ser muy cuidadosos con los subtítulos que ofrecemos, ya que los sistemas de subtítulos automáticos, hoy en día, aún funcionan bastante mal.

Si hacemos una prueba en cualquiera de ellos, por ejemplo, sobre el sistema de subtítulos automáticos de YouTube, nos daremos cuenta de que, aunque la pronunciación en el video sea bastante clara, se producen malas subtitulaciones durante cada pocas palabras. Si a esto le añadimos música o ruido de fondo y una pronunciación no muy clara, los subtítulos automáticos pueden ser totalmente inútiles para la percepción real del contenido audiovisual. Por lo tanto, es muy importante que los subtítulos de los vídeos que vayamos a utilizar en nuestro contenido web, en este caso en nuestro e-learning, estén muy bien redactados por un humano y expresen lo que realmente se transmite en el video.

No obstante, ofrecer unos buenos subtítulos no es suficiente para hacer que nuestro contenido audiovisual sea totalmente accesible. Otra parte importante para tener en cuenta es el reproductor multimedia que vayamos a utilizar para dicho video, el cual también debe ser accesible. Unas de las principales reglas para que el reproductor sea accesible son:

- Que permita: iniciar, pausar, avanzar y retroceder en el vídeo, controlar el volumen (con la posibilidad de silenciarlo), mostrar u ocultar los subtítulos y poner el tamaño del video en pantalla completa.

- Debe poder controlarse totalmente mediante teclado, y no limitar el control de ciertas acciones sólo al uso del ratón.
- Debería permitir obtener una transcripción del contenido.
- Los controles deben ser visibles y accesibles para los lectores de pantalla.

En la segunda lección del segundo bloque de nuestro curso, explicamos la importancia de las energías renovables y como parte de la explicación nos apoyaremos en un vídeo producido por Greenpeace España, subido a su canal de YouTube. En nuestro caso, para mostrar dicho video en el curso, vamos a utilizar el reproductor de YouTube embebido.

Si bien el reproductor de YouTube es accesible y el video tiene subtítulos, aunque son generados automáticamente, nos vamos a encargar de reducir o prácticamente anular la accesibilidad del video para cumplir con nuestro objetivo de generar un problema de accesibilidad. Para ello, vamos a aprovechar la posibilidad de configuración que nos permite dicho reproductor y deshabilitaremos el manejo de los controles mediante teclado y además haremos que los controles no sean visibles. Por lo tanto, no habrá forma de acceder a ellos ni mediante teclado ni mediante ratón.

De esta manera, es imposible avanzar y retroceder en el vídeo, acceder al control de ajustes, ponerlo en tamaño de pantalla completa, controlar el volumen y activar subtítulos ni mediante teclado ni mediante ratón. Lo único que se puede hacer es iniciar el video y pausarlo mediante ratón, pero no mediante teclado.

Por lo tanto, estamos introduciendo un claro problema de accesibilidad que afectaría a las personas sordas por no poder disponer de subtítulos, a las personas invidentes por no poder manejar el reproductor mediante teclado o periféricos de apoyo equivalentes y a las personas con discapacidad cognitiva que necesiten ver las partes del video poco a poco o retroceder para revisar otras.

Como hemos dicho, la principal forma de comprobar el efecto de estos problemas de accesibilidad en el aprendizaje es mediante pruebas o test. Por lo tanto, vamos a extraer cuestiones (concretamente tres) cuya respuesta está basada en el contenido explicado en el vídeo y las vamos a introducir en el próximo test, que corresponde a la tercera lección del segundo bloque.

7.3.2. Imágenes

Otro tipo de problemas de accesibilidad que vamos a utilizar son las imágenes. Estas son una opción muy útil para transmitir contenido didáctico o para aclararlo apoyándose en ellas. Pero cuando no se utilizan de la manera adecuada son un gran problema que se encuentran los usuarios invidentes.

Hay que hacer que las imágenes sean accesibles para que dichos usuarios puedan percibir su contenido, y para ello hay que introducir en ellas un texto alternativo que lo describa correctamente.

Para continuar con nuestro objetivo, vamos a introducir en total cuatro imágenes no accesibles entre diferentes lecciones. La primera imagen no accesible la introduciremos en la segunda lección del segundo bloque, en la que hablamos de las energías renovables. Esta imagen va a contener datos numéricos que complementan la explicación de la lección, y vamos a introducir una cuestión basada en esta imagen en el primer test.

Por otro lado, vamos a introducir en la quinta lección del segundo bloque, en la que se habla sobre el mito que indica que las placas solares son peligrosas para el medio ambiente, una imagen en la que nos apoyamos para mostrar la composición de las placas solares más comunes del mercado, demostrando que dichos componentes no son contaminantes. En el segundo test introduciremos una pregunta sobre uno de los componentes que en dicha imagen se explican.

En la misma lección sobre las placas solares, introduciremos otra imagen no accesible, y en este caso va a ser un gráfico en el que vamos a reflejar la evolución de los precios de los paneles solares durante los últimos años e introduciremos otra pregunta en el segundo test basada en los datos que se ven en dicho gráfico.

Finalmente, introduciremos la última imagen no accesible en la sexta lección del segundo bloque, en la que se habla sobre el mito de la insuficiencia de las energías renovables. En esta imagen se transmitirán ciertos datos numéricos, que como hemos hecho en los anteriores casos, utilizaremos para extraer una pregunta e introducirla en el test, en este caso también en el segundo test.

Con estas cuatro imágenes no accesibles introducidas en el contenido de nuestro curso e-learning, se estaría provocando una clara barrera de aprendizaje para los usuarios invidentes.

7.3.3. Contenido dinámico

Como hemos visto en el apartado 4.3, otro de los problemas que se encuentran los usuarios invidentes en la Web es el contenido dinámico, cuya visibilidad varía en función del movimiento del cursor del ratón por una zona determinada de la página. Por lo tanto, el uso de este tipo de contenido hace que no sea detectado por los lectores de pantalla hasta que no se active su visibilidad. Este va a ser el último tipo de problema de accesibilidad que vamos a introducir.

En la tercera lección del tercer bloque, en la que explicamos distintas maneras de cómo consumir mejor en el ámbito del transporte, vamos a introducir una tarjeta que tendrá dos caras. La cara principal, que será la que esté visible por defecto, será una imagen y la segunda cara será la que contenga el contenido explicativo. Esa segunda cara se hará visible cuando mantengamos el cursor del ratón encima de la tarjeta y una de las preguntas del último test estará basada en dicho contenido.

En conclusión, hemos diseñado distintos tipos de problemas de accesibilidad que se suelen encontrar los usuarios con discapacidad a la hora de usar la Web. Entre ellos, tendremos un video sin subtítulos y con un reproductor configurado para que sea totalmente inaccesible, sin permitir control mediante teclado y limitando el control mediante ratón. Por otro lado, hemos introducido distinto tipo de imágenes no accesibles, con contenido didáctico y gráficos, y finalmente contenido con visibilidad dinámica.

En apartados posteriores veremos cómo vamos a implementar este contenido no accesible y a su vez cómo implementaremos su versión totalmente accesible, para su posterior comparación.

7.4. Preparación del entorno de trabajo

Como hemos mencionado anteriormente, partimos de un proyecto antecedente en el cual se implementó un visor de cursos e-learning. Por lo tanto, antes de empezar con nuestra implementación, debemos actualizar y poner a punto el proyecto base preparando e instalando el software necesario.

Angular fue el framework que se utilizó para desarrollar el visor e-learning, y para trabajar con dicho framework primero necesitamos tener instalado Node.js, entorno en tiempo de ejecución que incluye todo lo que necesitamos para que la aplicación funcione. Hemos utilizado la última versión disponible en el momento de la realización de este trabajo, la cual era la 12.13.1.

Junto a la instalación de Node.js, se instalará también *npm*, el cual es el gestor de paquetes de Node.js y mediante el cual podremos descargar y actualizar paquetes que necesitemos en el proyecto.

Una vez instalado Node.js con su gestor de paquetes, tenemos que instalar Angular CLI, lo cual es una herramienta por línea de comando que nos permite gestionar un proyecto en Angular, como por ejemplo para su ejecución o despliegue. Para ello utilizamos el comando *npm install -g @angular/cli*.

Una vez tenemos todo este software instalado en nuestro equipo, nos centramos en el proyecto base. Este proyecto, al igual que cualquier otro proyecto realizado bajo Node.js, tiene unas dependencias con librerías o paquetes que ofrecen determinadas funcionalidades y que han sido utilizadas para su desarrollo. Para dichas dependencias van apareciendo actualizaciones y, por lo tanto, para el correcto funcionamiento del proyecto vamos a actualizar todas las dependencias a sus últimas versiones para tener el proyecto totalmente actualizado y evitar que esté desfasado. Para actualizar las dependencias vamos a utilizar el gestor de paquetes *npm*, que mediante el comando *npm update* se encarga de detectar e instalar las últimas versiones para todas las dependencias del proyecto.

De esta manera, partimos de un proyecto base limpio y actualizado para poder trabajar adecuadamente.

7.5. Servicios externos

En este apartado vamos a conectar con todos los servicios externos necesarios para el funcionamiento del curso. Como hemos mencionado en el apartado 6.1 del software necesario, vamos a hacer uso de diversos servicios que ofrece Firebase y, por otro lado, conectaremos con un LRS para almacenar los registros de actividad de los usuarios generados en el curso. Cabe mencionar que vamos a hacer uso de las versiones gratuitas de estos servicios, puesto que son suficientes para cumplir con nuestro objetivo.

En cuanto a Firebase, antes de empezar a utilizar sus servicios debemos de crear primero un proyecto en esta plataforma. Para ello, podemos iniciar sesión con nuestra cuenta de Google y ya estaremos dentro de nuestra cuenta de Firebase. Escogemos la opción de añadir un nuevo proyecto y una vez creado, podemos proceder a utilizar los servicios que nos ofrece.

En primer lugar, vamos a crear la base de datos con el servicio Cloud Firestore, entrando a la sección *Database* que encontramos dentro del apartado de *Desarrollo* como se puede ver en la Figura 4.

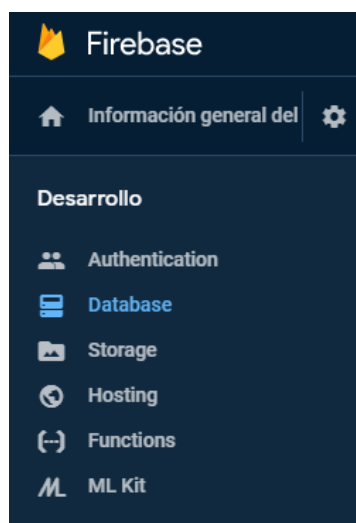


Figura 4. Sección “Database” en Firebase
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)



Figura 5. Reglas de seguridad para la creación de la base de datos
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)

Una vez dentro, elegimos la opción “crear base de datos” y tendremos que realizar dos pasos. En primer lugar, elegiremos las reglas de seguridad con las que se va a crear la base de datos, que en este caso serán las predeterminadas, permitiendo sólo leer y escribir a usuarios autorizados, como se muestra en la Figura 5.

En el siguiente paso vamos a elegir la ubicación del servidor en el que se va a alojar la base de datos que estamos creando. En nuestro caso vamos a elegir Europa, como se puede ver en la Figura 6.

Cabe destacar que la ubicación que aquí escojamos será la que se usará en el servicio de almacenamiento de archivos que ofrece Firebase (Cloud Storage), y no la podremos cambiar en este proyecto una vez terminado el proceso de creación de la base de datos.

Crear base de datos

1 Define reglas de seguridad para Cloud Firestore

2 Define la ubicación de Cloud Firestore

La opción de ubicación indica dónde se guardarán los datos de Cloud Firestore.

⚠ Una vez que definas esta ubicación, no podrás cambiarla. Además, se utilizará como la ubicación de tu segmento predeterminado de Cloud Storage. [Más información](#)

Ubicación de Cloud Firestore

eur3 (europe-west)

Si habilitas Cloud Firestore, no podrás usar Cloud Datastore en este proyecto, en particular desde la aplicación de App Engine asociada.

Cancelar **Listo**

*Figura 6. Definición de la ubicación de Cloud Firestore
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)*

Con estos pasos tendríamos la base de datos creada. Recordemos que se trata de una base de datos no relacional en la que almacenaremos la estructura y el contenido del curso e-learning mediante estructuras JSON de objetos anidados.

Ahora tenemos que obtener los datos de conexión que nos proporciona Firebase para acceder a esta base de datos desde nuestro proyecto en Angular. Para generar dicha información debemos declarar en el proyecto de Firebase una aplicación.

Para ello, vamos a acceder a la configuración del proyecto que hemos creado anteriormente y vamos a declarar una aplicación con plataforma web, para la cual debemos de indicar un apodo o nombre identificador en el primer paso. Automáticamente, en el siguiente paso se generarán y se nos mostrarán los datos de configuración para nuestra aplicación en Firebase, como se puede ver en la Figura 7. Copiaremos el contenido de la variable *firebaseConfig* y lo guardaremos en un fichero de configuración del proyecto en Angular y dicha información será leída para conectar con los servicios de Firebase.

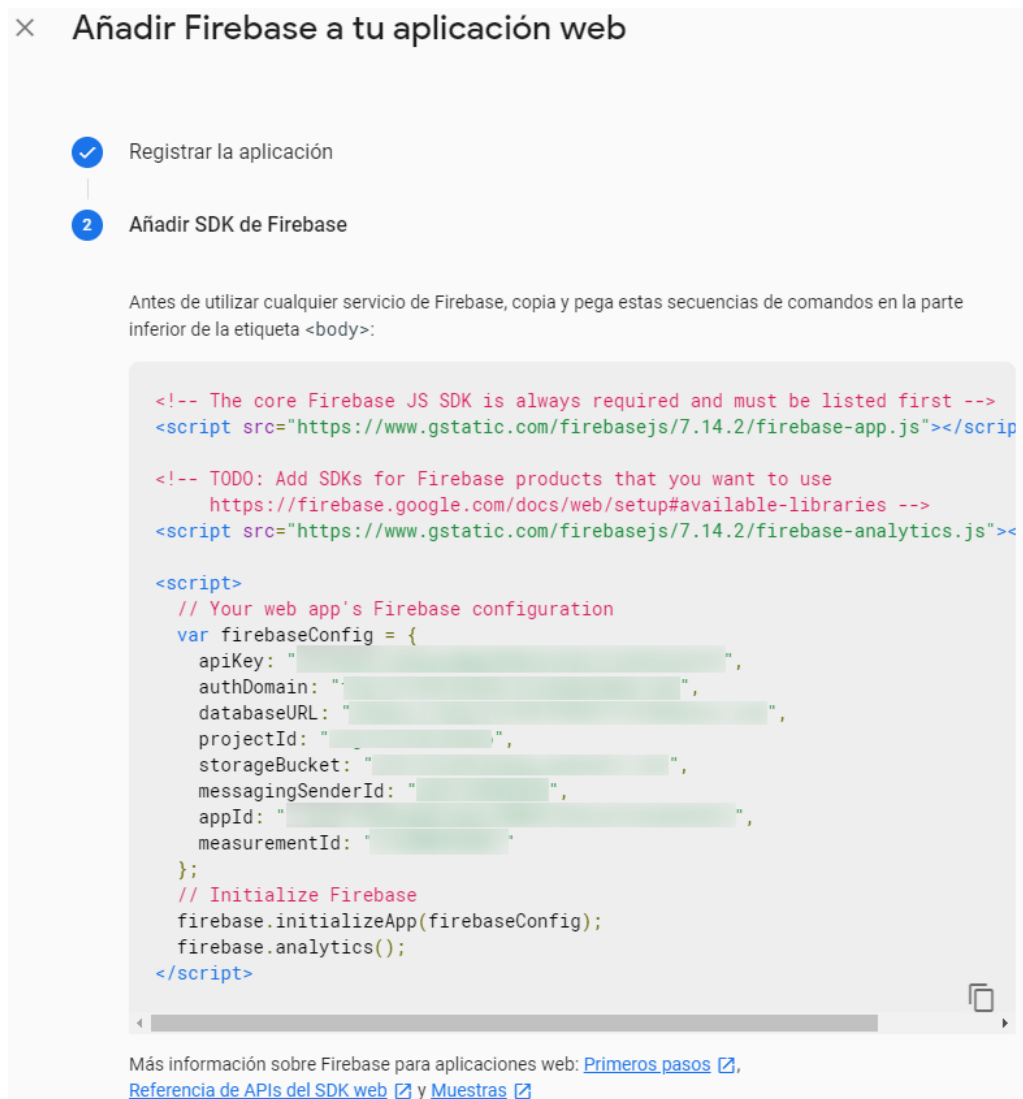


Figura 7. Datos de configuración de la aplicación en Firebase
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)

El segundo servicio de Firebase que vamos a utilizar es el de autenticación y procedemos a activarlo entrando a la sección *Authentication* que encontramos dentro del apartado de *Desarrollo* de nuestro proyecto.

Como podemos ver en la Figura 8, Firebase nos ofrece distintos proveedores de inicio de sesión. En nuestro caso vamos a hacer uso del sistema de inicio de sesión de Google, puesto que el visor de cursos está implementado para que el proceso de inicio de sesión esté gestionado por el API de Google, es decir, los usuarios podrán registrarse e iniciar sesión en el visor con su cuenta de Google.













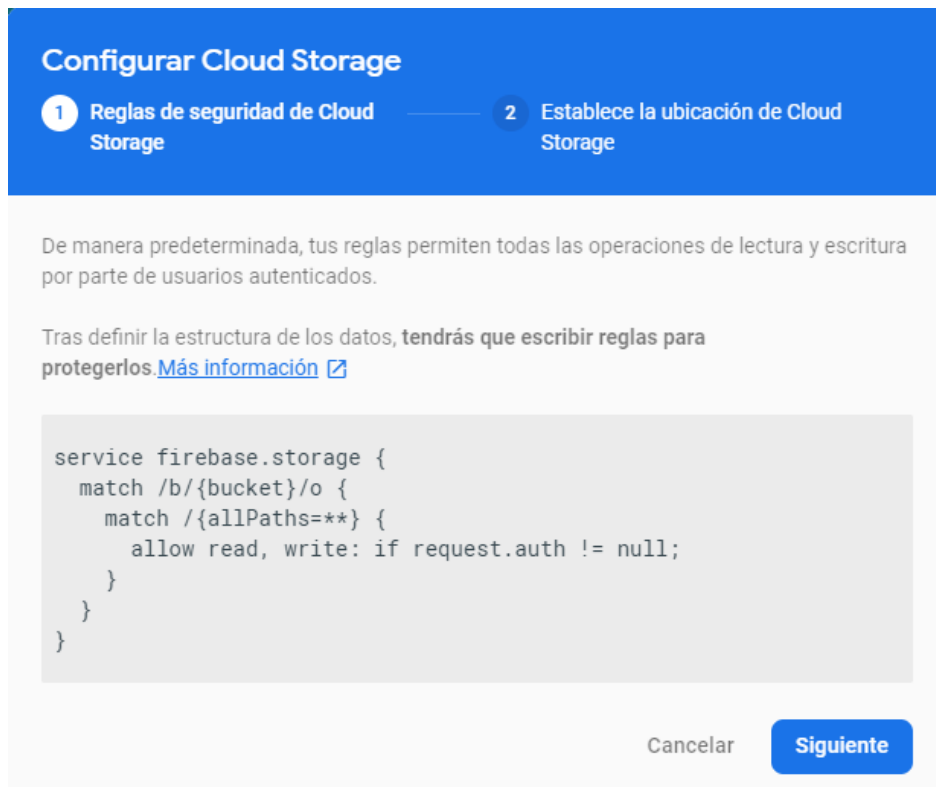
Proveedores de inicio de sesión	
Proveedor	Estado
 Correo electrónico/contraseña	Inhabilitado
 Teléfono	Inhabilitado
 Google	Inhabilitado
 Play Juegos	Inhabilitado
 Game Center Beta	Inhabilitado
 Facebook	Inhabilitado
 Twitter	Inhabilitado
 GitHub	Inhabilitado
 Yahoo	Inhabilitado
 Microsoft	Inhabilitado
 Apple	Inhabilitado
 Anónimo	Inhabilitado

Figura 8. Proveedores de inicio de sesión para el servicio de autenticación ofrecidos por Firebase
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)

Ahora cada vez que un usuario acceda a nuestro curso e-learning por primera vez, tendrá que registrarse con su cuenta de Google e internamente en Firebase se generará un identificador único para dicha cuenta. Este identificador sirve para que cuando activemos otro proveedor de inicio de sesión, como puede ser Facebook, se utilice el mismo identificador para las diferentes opciones de acceso que emplee un mismo usuario, y de esta manera mantener su progreso en el curso independientemente del proveedor con el que se haya autenticado.

También vamos a hacer uso del servicio Cloud Storage, el cual nos permite almacenar imágenes, audio, video y otro tipo de contenido. Nosotros lo utilizaremos principalmente para almacenar las imágenes que usaremos en las lecciones del curso e-learning, de tal manera que instanciaremos sus URLs de acceso desde el contenido y podremos visualizarlas.



*Figura 9. Configuración del servicio Cloud Storage de Firebase
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)*

Para activar este servicio vamos a acceder a la sección *Storage* que encontramos dentro del apartado de *Desarrollo* de nuestro proyecto en Firebase.

El proceso consta de dos pasos, en primer lugar, se definirán las reglas de acceso al contenido que se almacenará. Utilizaremos las reglas predeterminadas, que permiten operaciones de lectura y escritura sólo a usuarios autenticados como se puede ver en la Figura 9. Finalmente, en el segundo paso se va a definir la ubicación del servidor para este servicio de almacenamiento, que como hemos adelantado en la configuración del servicio de base de datos, la ubicación va a ser automáticamente la misma que hemos elegido para dicho servicio.

También haremos uso del servicio *Hosting* de Firebase para publicar online nuestro curso e-learning, pero lo configuraremos más adelante, cuando entremos en la fase de producción.

Tras activar los anteriores servicios de Firebase, el visor de cursos ya dispone del sistema de autenticación activado y del sistema de base de datos para leer el contenido de los cursos que vayamos a introducir en él.

Ahora tenemos que conectar con el servicio de almacenamiento de registros de actividad de los usuarios. Para este visor de cursos se ha elegido Scorm Cloud, ya que ofrece un servicio de LRS compatible con xAPI para almacenar dichos registros (*statements*). Para conectar con este servicio, lo que vamos a hacer es crearnos una cuenta en Scorm Cloud y una vez estemos dentro podremos acceder al apartado de LRS. Finalmente, debemos de indicar en un fichero de configuración dentro del proyecto en Angular, el endpoint o punto de comunicación con el LRS más el usuario y la contraseña de nuestra cuenta. De esta manera el proyecto en ejecución podrá enviar los registros generados con xAPI al LRS utilizando dichos datos.

Como sabemos, para cumplir con uno de los objetivos de este trabajo queremos crear dos versiones del curso e-learning. Una de ellas con contenido totalmente accesible y otra con problemas de accesibilidad, para monitorizar ambas versiones y poder comprobar como dichos problemas afectan en el aprendizaje de los usuarios con discapacidad. Para ello necesitaremos tener publicadas las dos versiones de manera independiente, de manera que podamos tener una URL de acceso distinta para cada versión y podamos entregar una a un grupo de usuarios y otra a otro grupo distinto, en lugar de tener las dos versiones en el mismo visor bajo una misma URL.

Por lo tanto, para crear la versión con problemas de accesibilidad vamos a duplicar el proyecto del visor de cursos que tenemos, para que tengamos un visor para cada versión y podamos monitorizarlas en paralelo. Esto conlleva que tengamos que conectar el segundo proyecto con todos los servicios externos necesarios al igual que hemos hecho con el primero. Para ello, en nuestra cuenta de Firebase crearemos otro proyecto que corresponderá a la versión no accesible y seguiremos los mismos procedimientos que se han explicado para activar los servicios necesarios. En cuanto al LRS, vamos a crear otra cuenta para la versión no accesible y de esta manera poder tener almacenados sus registros en un LRS independiente.

Por lo tanto, ahora ya tenemos dos proyectos, uno para cada versión del curso, conectados con todos los servicios que son necesarios para su funcionamiento y podemos centrarnos en implementar su contenido.

7.6. Implementación del curso

Como hemos mencionado en apartados anteriores, el visor de cursos lee el contenido de una base de datos no relacional. Es decir, lo que lee es una estructura de objetos anidados con formato JSON, en la que se van indicando el tipo de componentes y el contenido de cada uno. La dinámica de trabajo consiste primero en crear el contenido del curso en un fichero JSON e importar dicho contenido a nuestra base de datos en Cloud Firestore, y finalmente el visor lee de dicha base de datos e interpreta y muestra el contenido.

La jerarquía JSON consiste en declarar un objeto *curso*, dentro del cual se declaran objetos *sección* que se pueden entender como bloques, dentro de las secciones se declaran objetos *lección* y dentro de las lecciones se declaran *chunks*. Los objetos *chunk* son la forma de llamar a los componentes de Angular y son la unidad mínima de contenido dentro de una lección. En la Figura 10 podemos ver una jerarquía de contenido básica para comprobar el funcionamiento. En ella, estamos creando un objeto *courses* el cual contendrá los diferentes cursos que se podrán acceder desde el visor (en este caso será uno). Un objeto curso tiene unas propiedades, entre las que tenemos su identificador (*id*), la URL de la imagen (*imageUrl*) que lo va a representar, una URI para que xAPI la utilice como identificador en los registros que se generen dentro de él, su título (*title*), descripción (*description*) y un objeto *sections* que va a contener todas sus secciones. En este caso vamos a introducir una sección, y las secciones tienen como atributos un identificador (*id*), título (*title*) y un objeto *lessons* que va a contener sus lecciones.

A su vez, vamos a introducir una lección, y las lecciones tienen como atributos una descripción (*description*), una URI, un título (*title*) y un objeto *chunks* que va a contener cada uno de los componentes que van a componer la lección. Dentro de esta lección hemos introducido dos *chunks*, y un chunk tiene como propiedades su tipo (*type*) y un objeto de atributos (*attributes*) que van a variar en función del tipo de chunk.

```

{
  "__collections__": {
    "courses": {
      "c01": {
        "id": "c01",
        "imageUrl": "",
        "URI": "/cambioClimatico_consumismo",
        "title": "Consumismo y Cambio climático",
        "description": "",
        "__collections__": {
          "sections": {
            "s01": {
              "id": "s01",
              "title": "Introducción del curso",
              "__collections__": {
                "lessons": {
                  "l01": {
                    "description": "Se explica el objetivo del curso",
                    "URI": "/objetivo_curso",
                    "title": "Objetivo del curso",
                    "__collections__": {
                      "chunks": {
                        "c01": {
                          "type": "headingText",
                          "attributes": {
                            "headingData": "Bienvenido/a",
                            "textData": ""
                          },
                          "__collections__": {}
                        },
                        "c02": {
                          "type": "text",
                          "attributes": {
                            "data": ""
                          },
                          "__collections__": {}
                        }
                      }
                    }
                  }
                }
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

Figura 10. Jerarquía JSON para componer el contenido de un curso
(Elaboración propia)

Tras completar el contenido de esta jerarquía, vamos a almacenarla en Firebase para que el visor pueda mostrarla. Para ello, primero tenemos que instalar, mediante el gestor de paquetes npm, un paquete que nos va a permitir importar y exportar contenido a Cloud Firestore (*node-firestore-import-export*¹¹). Una vez tenemos el paquete instalado necesitamos guardar en un fichero JSON las credenciales de Firebase para que este paquete pueda utilizarlas y funcionar. Dichas credenciales las obtenemos entrando a la configuración de nuestro proyecto en Firebase, y en el apartado de *Cuentas de servicio*, elegimos la opción *Generar nueva clave privada*.

Una vez tenemos el paquete instalado y las credenciales guardadas, si queremos importar a Firebase el contenido de nuestra jerarquía JSON debemos ejecutar el siguiente comando:

```
firestore-import --accountCredentials ruta/credenciales.json --
backupFile ruta/contenido.json
```

Si queremos exportar el contenido de Firebase a un fichero JSON entonces tenemos que ejecutar el siguiente comando:

```
firestore-export --accountCredentials ruta/credenciales.json --
backupFile ruta/contenido.json
```

En este caso vamos a importar el contenido a Firebase, por lo tanto, utilizaremos el primer comando indicado. Tras ejecutarlo, si entramos a la consola de Firebase podremos comprobar que se ha importado la jerarquía de objetos que hemos indicado (Figura 11).

Una vez importado el contenido podemos ejecutar el proyecto de manera local y acceder al navegador para visualizar el resultado. En la Figura 12 podemos ver cómo el visor de cursos ha leído de la base de datos y muestra que hay un curso con el título, la imagen y descripción indicados en la estructura JSON.

¹¹ <https://www.npmjs.com/package/node-firestore-import-export>

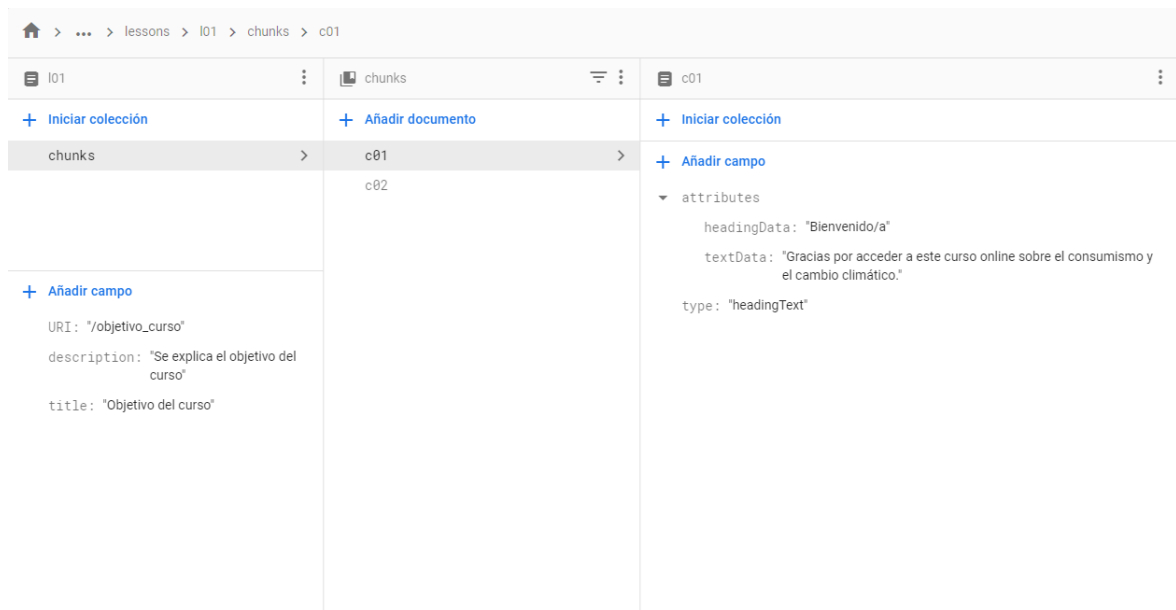


Figura 11. Contenido importado a la base de datos de Firebase
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)

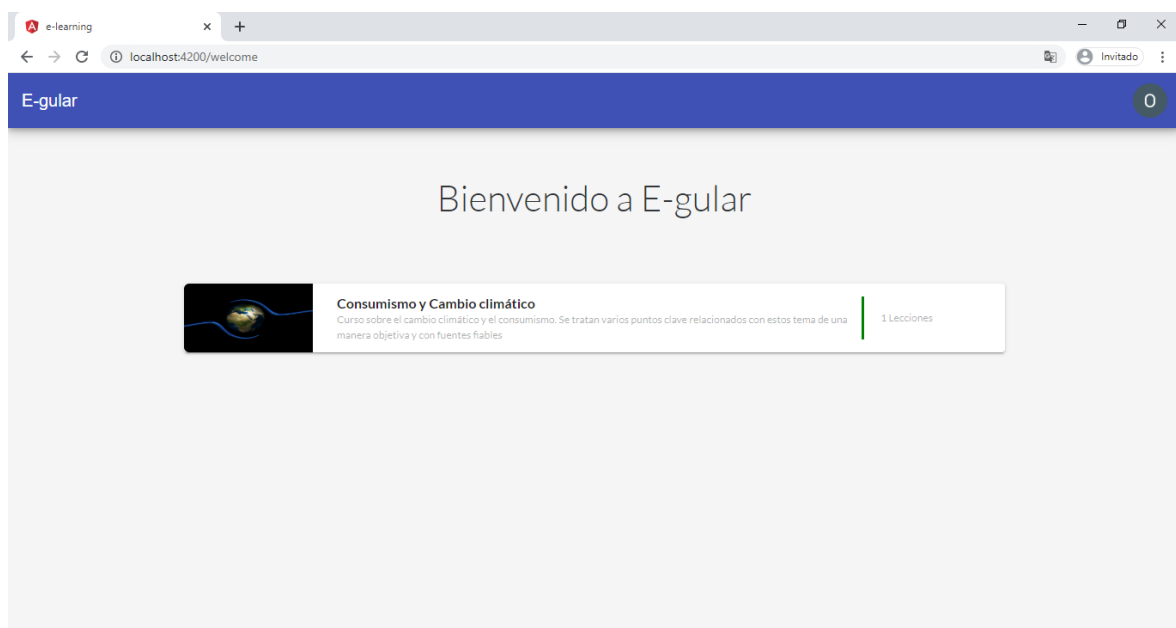
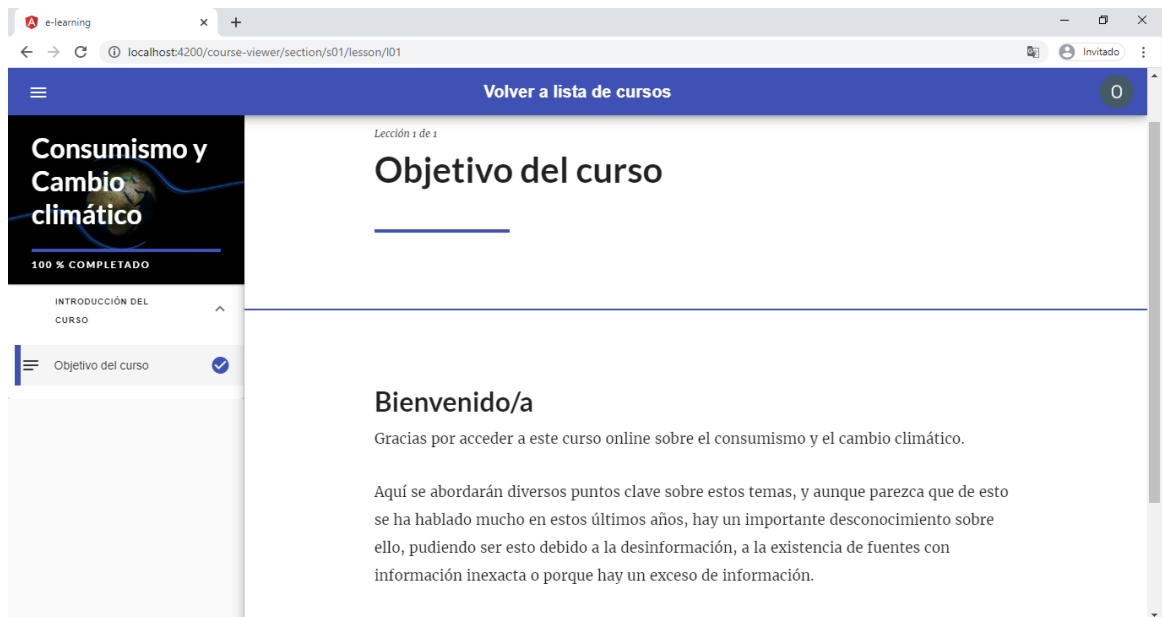


Figura 12. Vista de inicio del visor de cursos
(Elaboración propia)

Si accedemos al curso (Figura 13), podemos ver que tenemos una sección llamada *Introducción del curso* y dentro tiene la lección llamada *Objetivo del curso*. Dentro de dicha lección tenemos los dos chunks que se han declarado, uno con un encabezado y texto de bienvenida y otro chunk de tipo párrafo, en el que damos una breve introducción.



*Figura 13. Vista dentro del curso e-learning
(Elaboración propia)*

Al acceder al curso con nuestra cuenta de Google para revisar su contenido, habremos generado unos registros de actividad, que entrando al LRS podremos comprobar que se han almacenado.

Como podemos ver en la Figura 14 se han generado tres registros para el usuario con el que hemos realizado la prueba. Primero se ha registrado que hemos comenzado el curso y, una vez dentro del curso, se han generado dos registros tras haber visualizado los dos chunks de la lección.

Todos los registros se almacenan en formato JSON y si seleccionamos uno en concreto, podremos ver un desplegable con información detallada sobre sus diferentes atributos, como se puede ver en la Figura 15.

xAPI Learning Record Store

LRS Endpoints ?

Activity Providers ?

LRS Viewer ?

Statement Forwarding ?

View Statements In:

SCORM Cloud (sandbox)

TCAPI Version:

1.0.0

Agent Property

Agent Value

Verb ID

Activity ID

mbox

Email Address

Verb

Activity ID

Refresh

Show Advanced Options

Show TCAPI Query

Clear Sandbox

2020-02-20T11:26:03.296

Omar Moukhet Rkizat **ha revisado** 's01I01c02 - Aquí se abordarán diversos puntos clave sobre estos temas, y aunque parezca que...'

2020-02-20T11:26:02.811

Omar Moukhet Rkizat **ha revisado** 's01I01c01 - Bienvenido/a'

2020-02-20T11:26:00.893

Omar Moukhet Rkizat **ha empezado** 'Consumismo y Cambio climático'

More...

Figura 14. Registros de actividad almacenados en el LRS
(Fuente: <https://cloud.scorm.com/sc/user/LRSView>)

Refresh Show Advanced Options Show TCAPI Query Clear Sandbox

2020-02-20T11:26:03.296 Omar Moukhet Rkizat **ha revisado** 's01I01c02 - Aquí se abordarán diversos puntos clave sobre estos temas, y aunque parezca que...'

2020-02-20T11:26:02.811 Omar Moukhet Rkizat **ha revisado** 's01I01c01 - Bienvenido/a'

2020-02-20T11:26:00.893 Omar Moukhet Rkizat **ha empezado** 'Consumismo y Cambio climático'

```
{
  "id": "9d949fa6-b731-4b1d-853f-1bd59a583256",
  "actor": {
    "objectType": "Agent",
    "mbox": "mailto:omr7@gcloud.ua.es",
    "name": "Omar Moukhet Rkizat"
  },
  "verb": {
    "id": "http://activitystrea.ms/schema/1.0/start",
    "display": {
      "es-ES": "ha empezado"
    }
  },
  "context": {
    "registration": "1fc083a5-ecd1-470f-bcf6-3a6da15ae68b"
  },
  "timestamp": "2020-02-20T11:26:00.152Z",
  "stored": "2020-02-20T11:26:00.893Z",
  "authority": {
    "objectType": "Agent",
    "mbox": "mailto:omarmoukhet@gmail.com",
    "name": "Omar Moukhet Rkizat"
  },
  "version": "1.0.0",
  "object": {
    "id": "https://www.ua.es/tfgOmarMoukhetRkizat/cambioClimatico_consumismo",
    "definition": {
      "name": {
        "es-ES": "Consumismo y Cambio climático"
      },
      "description": {
        "es-ES": "Curso sobre el cambio climático y el consumismo. Se tratan varios puntos clave relac"
      },
      "type": "http://adlnet.gov/expapi/activities/course"
    },
    "objectType": "Activity"
  }
}
```

Figura 15. Detalle de un registro almacenado en el LRS
(Fuente: <https://cloud.scorm.com/sc/user/LRSView>)

El visor de cursos puede generar en total siete registros de actividad distintos con los siguientes nombres, que se generan cuando un usuario realiza la acción que se indica en cada uno de ellos:

- *Ha empezado*: se entra en el curso e-learning
- *Ha avanzado a*: se pulsa en el botón de siguiente lección
- *Ha vuelto a*: se pulsa en el botón de anterior lección
- *Ha navegado a*: se pincha en una lección en concreto desde el menú
- *Ha observado*: se visualiza un chunk por primera vez
- *Ha revisado*: se visualiza un chunk que ya había sido visto
- *Ha contestado* correctamente/incorrectamente: se contesta a una pregunta de tipo de test.

Cada registro tiene unos determinados atributos, como hemos visto en la Figura 15, que nos ofrecen más información sobre él como puede ser la hora y fecha en la que se ha generado, en qué lección se ha generado, la respuesta que se ha elegido para una cuestión, etc. Todo este tipo de datos los aprovecharemos cuando lleguemos a la fase de análisis de los registros de actividad generados en el curso e-learning por los usuarios finales.

Por lo tanto, ahora ya tenemos el proyecto funcionando con todos los servicios necesarios y con el LRS almacenando los registros que se van generando. El siguiente paso es completar la jerarquía JSON del curso, para introducir todas las lecciones y el contenido que hemos diseñado en el apartado 7.2. Recordemos que debemos hacer que el contenido de la primera versión sea totalmente accesible y para la segunda versión del curso introducir cierto contenido con problemas de accesibilidad, como se planteó en el apartado 7.3.

El primer problema de accesibilidad que se decidió introducir fue un video sin subtítulos acompañado de un reproductor no accesible, como se explicó detalladamente en el apartado 7.3.1. Por lo tanto, para la versión accesible debemos hacer todo lo contrario, debemos introducir un reproductor totalmente accesible y subtítulos en el vídeo.

El visor de cursos tiene un chunk de tipo video, el cual utiliza un reproductor embebido de YouTube, y se le indica mediante un atributo el identificador del video que se quiere cargar de dicha plataforma.

El video escogido está subido por Greenpeace en su canal de YouTube, pero tiene subtítulos automáticos, y como sabemos estos no son adecuados para asegurar una comprensión adecuada. No obstante, YouTube permite añadir subtítulos a los videos, pero sólo lo puede hacer el propietario de dicho video. Por ello, vamos a utilizar Amara, un sitio web que nos permite crear subtítulos para videos que no son nuestros. Esto es posible gracias a que utiliza su propio reproductor, totalmente accesible, que nos permite poner subtítulos por encima del video que le hemos indicado que reproduzca.

El procedimiento es el siguiente, primero tenemos que crear una cuenta en su sitio web e introducir la URL del video que queremos subtitular. Una vez hecho esto, el proceso de subtitulación tiene tres fases, como se puede ver en la Figura 17. La primera fase consiste en escribir todo lo que escuchamos en el video, en segundo lugar, sincronizar lo que hemos escrito con los momentos exactos en los que debe aparecer cada subtítulo y finalmente revisarlo y terminar.

Una vez tenemos los subtítulos creados, vamos a modificar el chunk de tipo video que hay en el visor, para que además del reproductor de YouTube podamos utilizar el reproductor embebido de Amara, de tal manera que podremos elegir entre uno u otro desde la estructura JSON en función de si le indicamos con un atributo booleano que se trata de un video subtitulado con Amara o no, como se puede ver en la Figura 16.

```
{
  "chunks": {
    "c01": {
      "type": "video",
      "attributes": {
        "amaraVideo": true,
        "videoId": "pH9QZvjWelk"
      }
    }
  }
}
```

*Figura 16. Chunk de tipo video para ser reproducido con Amara
(Elaboración propia)*

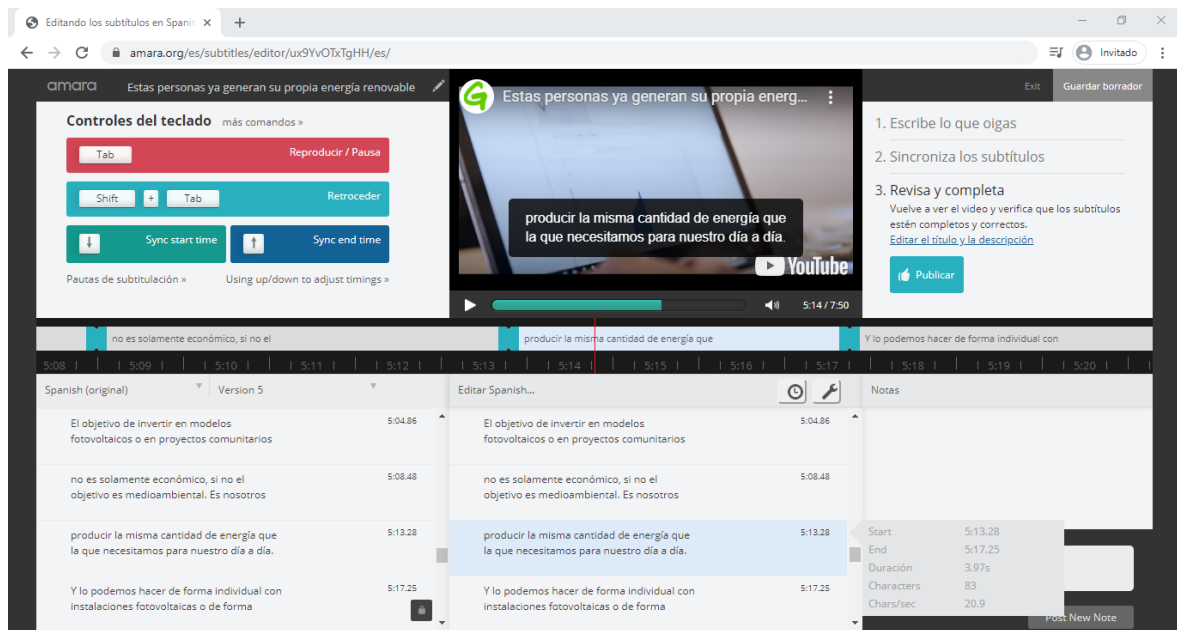


Figura 17. Creación de subtítulos con Amara
(Fuente: <https://amara.org/es/>)

Por lo tanto, así tendríamos introducido de manera totalmente accesible el video en el curso. Para hacerlo inaccesible en la segunda versión, lo que vamos a hacer es utilizar el reproductor de YouTube, pero le vamos a añadir parámetros de configuración introducidos como *query parameters* en la URL. En concreto, queremos deshabilitar los controles mediante teclado, y para ello tenemos el parámetro *disablekb* que si le asignamos el valor 1 hace dicha función. Por otro lado, también queremos hacer que los controles no sean visibles y por consiguiente también incontrolables mediante ratón, y para ello tenemos el parámetro *controls* que con el valor 0 hace dicha función. En la Figura 18 podemos ver cómo introduciríamos estos parámetros de configuración desde la estructura JSON.

```
{
  "chunks": {
    "c01": {
      "type": "video",
      "attributes": {
        "videoId": "pH9QZvjWelk?controls=0&disablekb=1"
      },
      "__collections__": {}
    }
  }
}
```

Figura 18. Chunk de tipo video configurado para ser no accesible
(Elaboración propia)



*Figura 19. Video con reproductor de YouTube configurado para ser no accesible
(Elaboración propia)*

Finalmente, tras importar este nuevo contenido a la base de datos de cada versión, podemos ver en la Figura 19 el resultado de la versión no accesible, un reproductor de YouTube sin ningún tipo de control disponible, como hemos explicado.

Por otro lado, podemos ver en la Figura 20 el resultado de la versión accesible, el video bajo el reproductor de Amara con los subtítulos que hemos creado. Además, este reproductor ofrece una transcripción, que se puede plegar y desplegar, con todo el texto del video. Esto puede ser muy útil también para usuarios sin discapacidad, ya que sirve de ayuda si más tarde queremos volver al video para recordar algo que se dijo en él sin necesidad de reproducirlo, puesto que también ofrece un buscador por palabras.

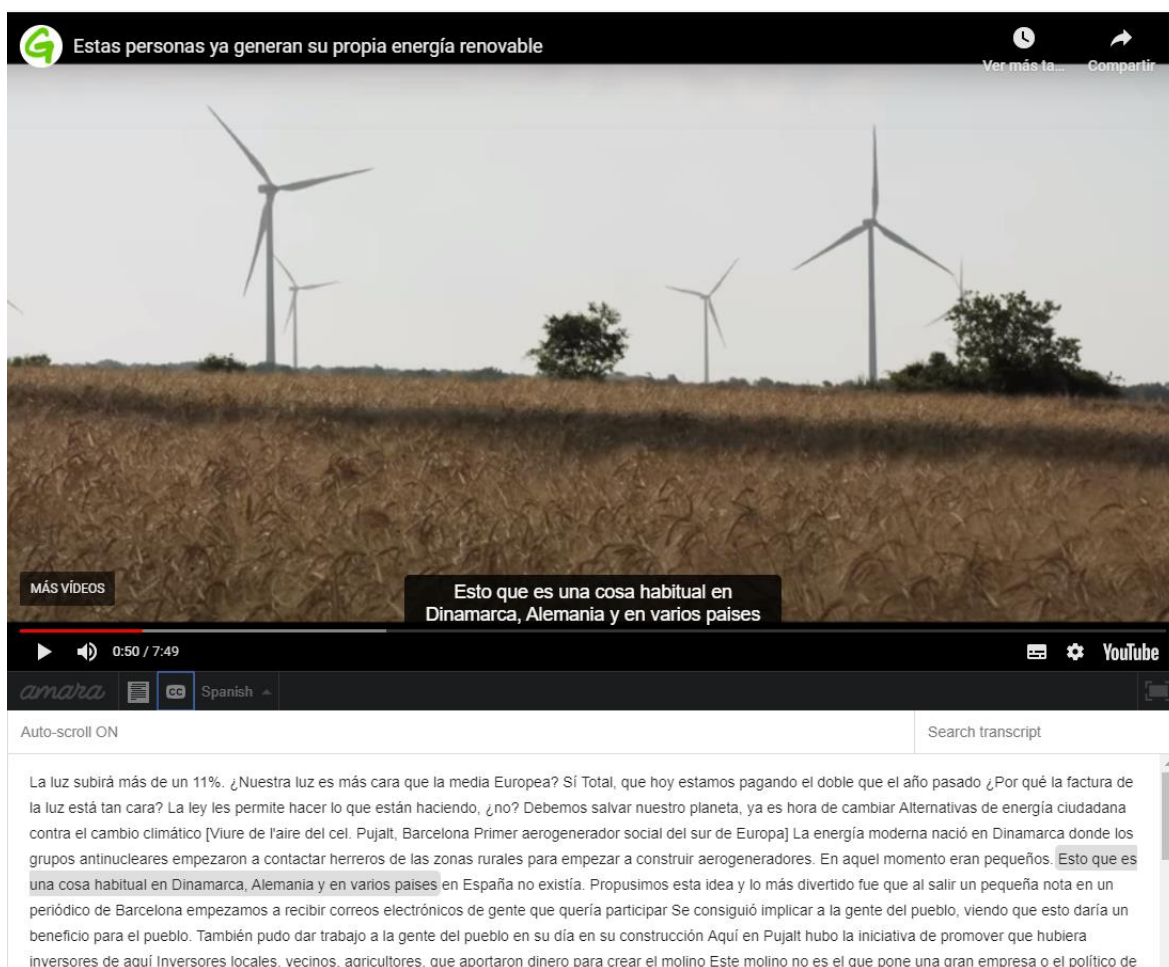


Figura 20. Video con reproductor de Amara
(Elaboración propia)

El segundo tipo de problema de accesibilidad que se decidió utilizar fueron imágenes sin texto alternativo. En la segunda lección del segundo bloque se va a introducir el contenido de la Figura 21 a modo de imagen sin texto alternativo, y por el contrario en la versión accesible introduciremos dicho contenido a modo de texto para que pueda ser percibido por los lectores de pantalla. Esta misma estrategia la aplicaremos con otras dos imágenes en dos lecciones más.

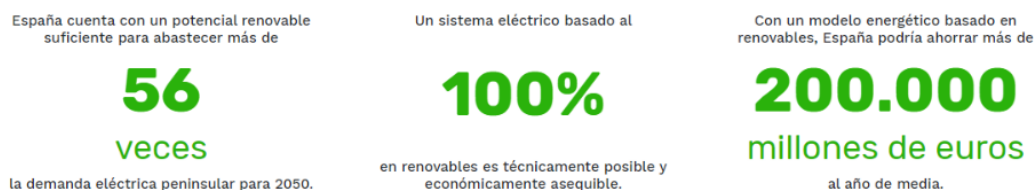
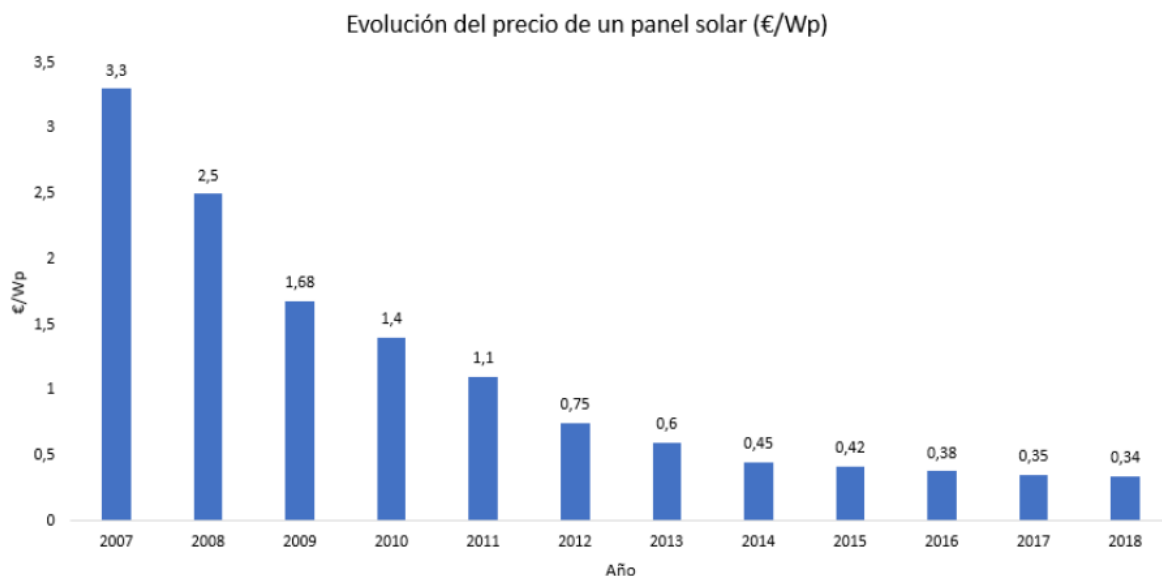


Figura 21. Imagen que será introducida sin texto alternativo
(Fuente: <https://es.greenpeace.org/>)



*Figura 22. Gráfico sobre la evolución de los precios de los paneles fotovoltaicos
(Elaboración propia)*

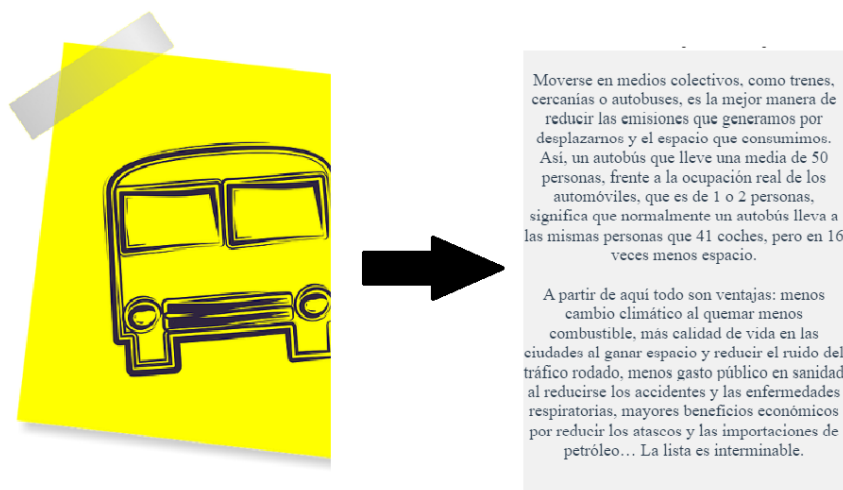
Por otro lado, en la quinta lección del segundo bloque vamos a introducir un gráfico que en la versión no accesible será una imagen sin texto alternativo ni transcripción, como podemos ver en la Figura 22.

En la versión accesible se introducirá dicho gráfico, pero además irá acompañado de una tabla que transcribe su contenido, como la que se puede ver en la Figura 23. Para ello, vamos a implementar un nuevo componente o chunk en el visor de cursos, que nos permita representar una tabla. Esta se va a diseñar cumpliendo las WCAG, tal como se explica en el apartado 4.3.

Tabla de transcripción del gráfico												
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
€/Wp	3,3	2,5	1,68	1,4	1,1	0,75	0,6	0,45	0,42	0,38	0,35	0,34

*Figura 23. Tabla de transcripción del gráfico
(Elaboración propia)*

En último lugar, tal como se explicó en el apartado 7.3.3, vamos a introducir una tarjeta de contenido dinámico en la versión no accesible, de tal manera que su contenido se haga visible sólo si se apunta con el cursor del ratón.



*Figura 24. Cara frontal y trasera de la tarjeta de contenido
(Elaboración propia)*

Por lo tanto, vamos a implementar un nuevo chunk en el visor que nos permita presentar el contenido de esta manera y para ello haremos uso de hojas de estilo o CSS, para configurar su aparición y transición (Figura 24). En la versión accesible introduciremos el contenido de la tarjeta en formato de texto estático, para que siempre esté disponible para los lectores de pantalla.

En conclusión, hemos implementado y diferenciado los problemas de accesibilidad entre las dos versiones del curso. En cuanto a la presentación del resto del contenido, va a ser la misma en ambas versiones, utilizando los componentes textuales accesibles para todos los usuarios.

7.7. Producción

Una vez completada la implementación de todo el contenido de ambas versiones, estamos en disposición de publicarlas como cursos e-learning en un servidor público. Como hemos mencionado en el apartado de servicios externos, Firebase ofrece un servicio de hosting, del cual vamos a hacer uso ya que es seguro y rápido, ofreciéndonos certificados SSL automáticamente para nuestros dominios.

Primero vamos a tener que instalar Firebase CLI, ya que nos ofrece una variedad de herramientas necesarias para administrar el despliegue del proyecto. La instalaremos con el gestor de paquetes npm, ejecutando el comando *npm install -g firebase-tools*.

El siguiente paso es generar, dentro del proyecto hecho en Angular, una carpeta llamada *dist* con los ficheros necesarios para el despliegue de la aplicación web, la cual se genera ejecutando el comando *ng build --prod* dentro del proyecto. Esto lo haremos para cada proyecto que tenemos para cada versión del curso.

Una vez tenemos la carpeta de distribución, el siguiente paso es desplegar con Firebase la aplicación. Para ello, vamos a ejecutar el comando *firebase deploy --project ID*, donde el parámetro ID es el nombre identificador del proyecto que tenemos creado en Firebase. Finalmente, esto nos va a crear dos dominios para la aplicación con el siguiente formato:

- ID.firebaseio.com
- ID.web.app

Si accedemos a cualquiera de ellos ya podremos ver el proyecto en funcionamiento. En nuestro caso, al proyecto que contiene el visor con la versión accesible del curso lo hemos llamado *e-gular*, y el que contiene la versión con problemas de accesibilidad se llama *e-gulartwo*. Por lo tanto, se nos han generado para cada proyecto un par de dominios con el formato anterior, como podemos ver en la Tabla 2.

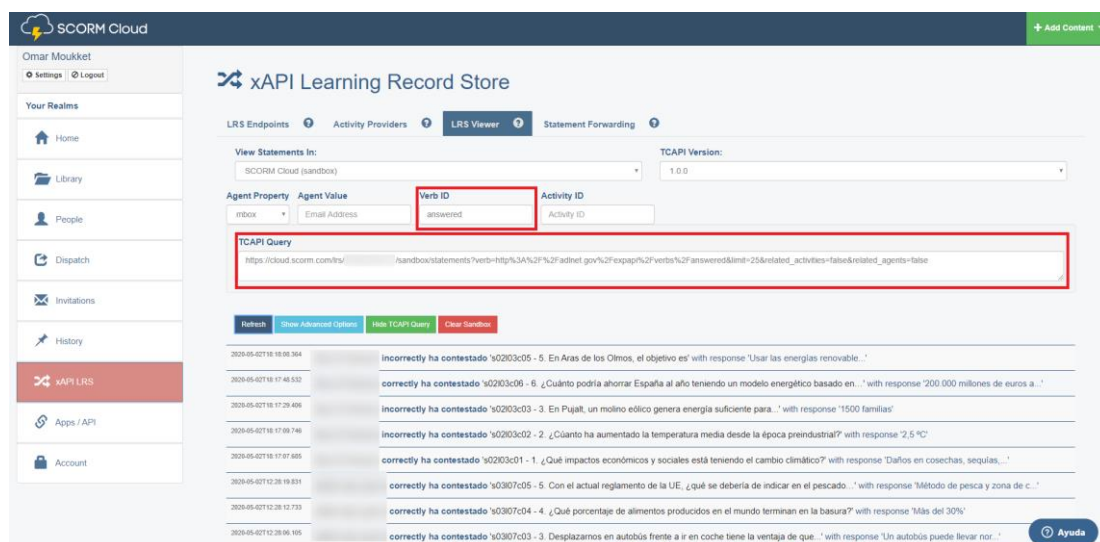
*Tabla 2. Dominios para cada versión del proyecto
(Elaboración propia)*

Versión con contenido accesible	Versión con contenido no accesible
e-gular.firebaseio.com	e-gulartwo.firebaseio.com
e-gular.web.app	e-gulartwo.web.app

8. Pruebas y análisis

Una vez publicadas las dos versiones del curso e-learning, podemos proceder a diseñar una estrategia para analizar los datos que se van a registrar gracias a la actividad de los usuarios durante su realización. Este proceso de análisis lo vamos a realizar apoyándonos en las hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Antes de proceder a analizar los datos, primero tenemos que extraerlos del LRS, y para ello, la única forma que nos proporciona Scorm Cloud es a través de peticiones al endpoint del API que ofrece. Desde la interfaz podemos insertar ciertos parámetros para filtrar el resultado de los registros, y al mismo tiempo se nos genera una URL para hacer una petición equivalente y obtenerlos desde fuera de la interfaz. En nuestro caso, vamos a filtrar los registros por tipo de actividad, y para ello tenemos que indicar el verbo identificador de la actividad que buscamos, es decir, el verbo definido por xAPI para representar dicha acción. En la Figura 25 podemos ver cómo estamos filtrando los registros correspondientes a la actividad de responder a las preguntas de los test, y se nos genera la URL correspondiente para hacer dicha petición.



The screenshot displays the SCORM Cloud xAPI Learning Record Store interface. On the left is a sidebar with navigation options: Home, Library, People, Dispatch, Invitations, History, xAPI LRS (highlighted), Apps / API, and Account. The main area is titled 'xAPI Learning Record Store' and includes tabs for LRS Endpoints, Activity Providers, LRS Viewer (selected), and Statement Forwarding. Under 'View Statements In:', 'SCORM Cloud (sandbox)' is selected. The 'TCAPI Version' is set to '1.0.0'. A table with columns 'Agent Property', 'Agent Value', 'Verb ID', and 'Activity ID' is shown, with 'answered' selected in the 'Verb ID' column. Below this, a 'TCAPI Query' box contains a URL: `https://cloud.scorm.com/lrs/sandbox/statements?verb=http%3A%2F%2Fadinet.gov%2Fexpapi%2Fverbs%2Fanswered&limit=25&related_activities=false&related_agents=false`. At the bottom, a table lists statements with columns for timestamp, status, and description. The status column shows 'incorrectly ha contestado' and 'correctly ha contestado'. The description column shows various test questions and their corresponding responses.

Timestamp	Status	Description
2020-05-02T10:10:00.000	incorrectly ha contestado	'0203c05 - 5. En Aras de los Olmos, el objetivo es' with response 'Usar las energías renovable.'
2020-05-02T10:17:45.532	correctly ha contestado	'0203c06 - 6. ¿Cuánto podría ahorrar España al año teniendo un modelo energético basado en...' with response '200.000 millones de euros a.'
2020-05-02T10:17:29.406	incorrectly ha contestado	'0203c03 - 3. En Pujalt, un molino edico genera energía suficiente para...' with response '1500 familias'
2020-05-02T10:17:09.748	incorrectly ha contestado	'0203c02 - 2. ¿Cuánto ha aumentado la temperatura media desde la época preindustrial?' with response '2,5 °C'
2020-05-02T10:17:07.805	correctly ha contestado	'0203c01 - 1. ¿Qué impactos económicos y sociales está teniendo el cambio climático?' with response 'Daños en cosechas, sequías,...'
2020-05-02T10:28:19.821	correctly ha contestado	'0307c05 - 5. Con el actual reglamento de la UE, ¿qué se debería de indicar en el pescado...' with response 'Método de pesca y zona de c.'
2020-05-02T10:28:12.733	correctly ha contestado	'0307c04 - 4. ¿Qué porcentaje de alimentos producidos en el mundo terminan en la basura?' with response 'Más del 30%'
2020-05-02T10:28:06.105	correctly ha contestado	'0307c03 - 3. Desplazarnos en autobús frente a ir en coche tiene la ventaja de que...' with response 'Un autobús puede llevar nor.'

Figura 25. Filtrado de registros en Scorm Cloud
(Elaboración propia)

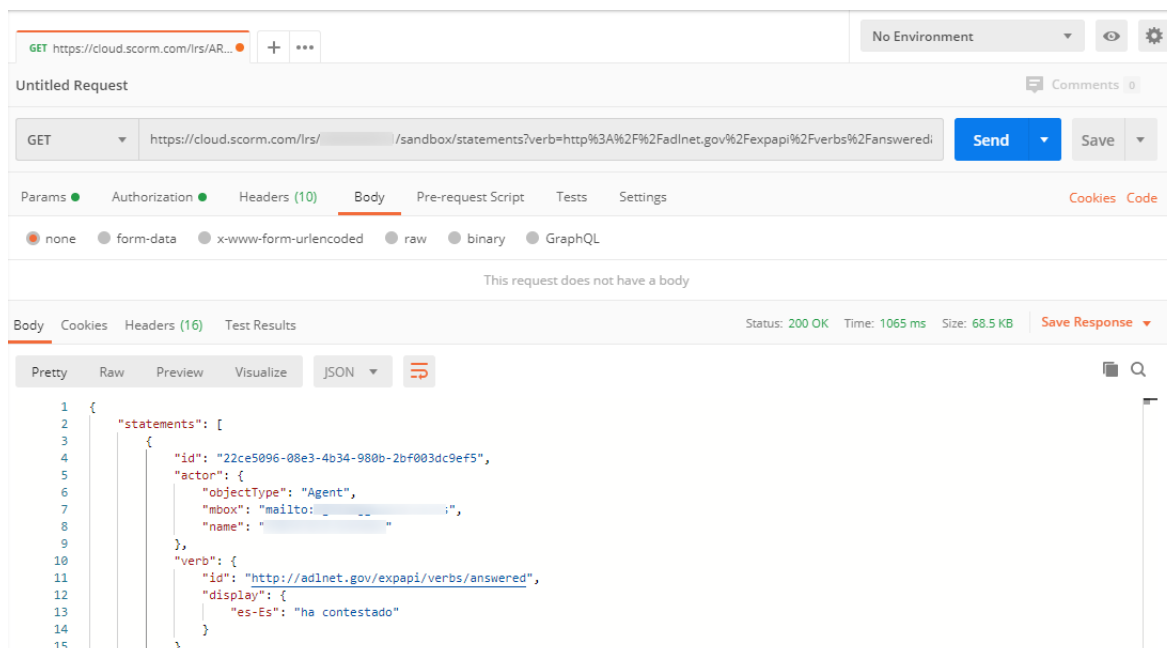


Figura 26. Petición a Scorm Cloud para obtener registros almacenados
(Elaboración propia)

Para hacer las peticiones externas al API del LRS se ha decidido utilizar Postman, ya que es la forma más rápida de obtener los datos que necesitamos (Figura 26). La respuesta viene en formato JSON y contiene todos los registros con sus detalles. El siguiente paso es transformar el resultado JSON a formato Excel para poder trabajar en las hojas de cálculo. Para ello tenemos herramientas online¹² a las que se les puede proporcionar un fichero con extensión *.json* y nos lo transforman a un fichero en formato *.xlsx* equivalente, de forma rápida y segura.

Una vez sabemos cómo vamos a extraer los datos, vamos a ver en los siguientes apartados las diferentes estrategias de pruebas y análisis que vamos a realizar sobre ellos, y sus resultados.

¹² <https://www.convertcsv.com/json-to-csv.htm>

8.1. Rendimiento

La primera prueba que hemos decidido realizar sobre el proyecto ha sido de carga y rendimiento, para comprobar cómo se comportaba el curso teniendo diversas sesiones con peticiones de lectura y escritura concurrentes. Para ello, gracias a mi tutor David Gil Méndez, hemos podido reunir a 25 usuarios en una sala a los que hemos ofrecido la realización del curso.

A estos usuarios se les ha proporcionado la versión accesible, y durante la sesión de su realización hemos podido monitorizar los registros de uso desde la consola de nuestro proyecto en Firebase. En la cual, como podemos ver en la Figura 27, podíamos ver las actualizaciones continuas de las cifras de lectura y escritura acumuladas contra la base de datos. Además, podíamos ver el máximo de sesiones activas, donde hemos llegado a registrar un pico de 23 usuarios conectados simultáneamente.

Además, en todo momento estábamos presentes con los usuarios para poder obtener una retroalimentación y detectar posibles problemas que puedan surgir con el visor e-learning. Finalmente, los usuarios nos han transmitido que han tenido una experiencia positiva durante la realización del curso, sin ningún problema con los tiempos de respuesta.

Por lo tanto, hemos podido comprobar que con una cierta carga de trabajo sobre el servidor que está alojando al visor e-learning, los usuarios pueden realizar el curso sin problemas de rendimiento que afecten a su usabilidad.

Por otro lado, como es lógico, hemos registrado una gran cantidad de datos en nuestro servidor LRS gracias a la actividad de todos los usuarios que han estado realizando nuestro curso durante dicha sesión. Este proceso de registro también se estuvo monitorizando desde Scorm Cloud y durante la sesión no parecía haber ningún problema.



Figura 27. Registros de uso del proyecto alojado en Firebase
(Fuente: <https://console.firebase.google.com>)

No obstante, en los posteriores días se procedió a analizar todos los datos registrados de manera detallada y se detectaron ciertas anomalías en ellos. Concretamente se detectó que se había producido una pérdida de datos en ciertos apartados del curso, como por ejemplo en el registro de las respuestas a las preguntas de los test. Es decir, para ciertos usuarios no se habían registrado los resultados de algunas cuestiones que forman parte del test, a pesar de haber completado dicho test y avanzado en el curso. Lo cual, es una clara pérdida de datos puesto que un usuario no puede avanzar en el curso sin haber respondido a todas las preguntas de un test. Ha pasado este mismo caso con otro tipo de registros, como puede ser la actividad de avanzar entre las lecciones, registrando actividad dentro de lecciones para las cuales no se ha registrado una entrada por dicho usuario, lo cual debería haber pasado.

Finalmente, se descubrió que el motivo de esta pérdida de datos momentánea ha sido provocada por el LRS de Scorm Cloud. En 2019, para proteger la estabilidad de la plataforma frente a un excesivo tráfico, se estableció un límite en el número de escrituras y lecturas por minuto. Concretamente, para las cuentas de tarifa gratuita, como es nuestro caso, se ha limitado el número de escrituras por minuto a 100 como se puede ver en la Figura 28.

Account Type	Read Operations Per Minute	Write Operations Per Minute
Trial	150	100

Figura 28. Límite de operaciones de lectura y escritura por minuto en Scorm Cloud para una cuenta gratuita (Fuente: <https://support.scorm.com/hc/en-us/articles/360019695213-xAPI-rate-limiting-in-SCORM-Cloud>)

Por lo tanto, lo que ha sucedido es que cuando ha habido un pico de usuarios realizando el curso simultáneamente y se han desplazado rápidamente por las lecciones, se han generado muchos registros de actividad de diferentes tipos superando el límite de escrituras permitidas por minuto, por lo que se ha rechazado el almacenamiento de aquellos registros que estaban fuera de dicho límite.

Existen diversas soluciones posibles para evitar que se produzcan estas pérdidas de datos a causa del límite permitido, las cuales vamos a dejar como futuro trabajo:

- Adquirir una cuenta de pago en Scorm Cloud, que permita un mayor límite de transacciones por minuto.
- Implementar en nuestro proyecto una cola de peticiones, para poder administrar el flujo de envío de peticiones sin superar la tasa límite.
- Reenviar más tarde aquellas peticiones de almacenamiento para las cuales se haya recibido una respuesta HTTP con código 429 (*Too Many Requests*).
- Diseñar una base de datos propia para almacenar en ella los registros de actividad generados.

8.2. ClickPath Analysis

Una de las estrategias de análisis que vamos a emplear en este proyecto es la de *Clickpath analysis*, que consiste en analizar la ruta de navegación que siguen los usuarios dentro de una web. Es decir, analizar todas las páginas que visita el usuario, el orden en el que lo hace, los clics que realiza dentro de estas o dónde ha navegado posteriormente.

Hacer este análisis nos aporta mucha información sobre cómo se comportan los usuarios dentro de nuestra web, y aplicándolo a nuestra vertiente del e-learning nos puede servir

para conocer cuáles son las páginas más visitadas dentro de nuestro curso, el tiempo que se invierte en cada una de ellas o el orden en el que se visitan. Conociendo dicha información podemos hacer un seguimiento más detallado de la evolución del aprendizaje de los usuarios y poder adaptar el curso tomando decisiones en función del comportamiento de estos.

En nuestro curso e-learning, las lecciones se encuentran bloqueadas y se desbloquean una detrás de otra a medida que el usuario vaya avanzando. Una vez desbloqueada y completada una lección, se puede volver a ella y revisar su contenido cuando se desee, por lo tanto, un punto de seguimiento en el que nos vamos a enfocar es en el número de retornos que se realizan a lecciones ya desbloqueadas. De esta manera, compararemos cuáles son las que más visitas reciben, lo cual puede ser un indicativo de qué lecciones son las que requieren más repaso por parte de los estudiantes, pudiendo esto ser debido a la dificultad de su contenido o por la forma en la que está diseñado. Por lo tanto, esto nos permitiría detectar posibles barreras de aprendizaje causadas por el contenido.

Por otro lado, calcularemos el tiempo medio que emplean los usuarios para completar una lección, pudiendo conocer qué lecciones son en las que se invierte más tiempo del esperado, de tal manera que podamos revisarlas y determinar si requieren de un rediseño para reducir el contenido o dividirlo en más lecciones.

En la Tabla 3 podemos ver el registro del transcurso de un usuario medio que ha completado todas las lecciones del curso. Como podemos ver, hemos registrado los tiempos de entrada en todas las lecciones, lo cual nos ha permitido obtener el tiempo que ha invertido en cada lección y el tiempo acumulado hasta esa lección, que finalmente nos indica el tiempo total de cada sección o bloque. Como conclusiones, podemos saber que ha tardado aproximadamente 36 minutos en completar el curso, lo cual no se diferencia excesivamente del tiempo esperado, ya que el curso fue diseñado para ser realizado en 45 minutos de media. Por otro lado, la sección 2 es la que más tiempo ha requerido, puesto que es la que más lecciones contiene y además contiene la lección que más tiempo ha requerido para el usuario. Dicha lección es la segunda, la cual contiene un vídeo de alrededor de ocho minutos más una explicación, por lo tanto, cumple con el tiempo estimado para completar correctamente esta lección.

*Tabla 3. Lecciones completadas por un usuario medio y su duración
(Elaboración propia)*

Fecha y hora	Duración	Apartado
2020-05-02 - 11:54:07	[00:02:58]	Sección 1 – Introducción del curso
2020-05-02 - 11:54:07	[00:02:42] – [00:02:42]	Lección 1 – Objetivo del curso
2020-05-02 - 11:56:49	[00:00:16] – [00:02:58]	Lección 2 – Temas que se van a tratar
2020-05-02 - 11:57:05	[00:22:06]	Sección 2 – Cambio climático
2020-05-02 – 11:57:05	[00:03:07] – [00:03:07]	Lección 1 – La situación actual
2020-05-02 - 12:00:12	[00:10:41] – [00:13:48]	Lección 2 – Energía renovable
2020-05-02 – 12:10:53	[00:01:15] – [00:15:03]	Lección 3 – Test 1
2020-05-02 – 12:12:08	[00:00:58] – [00:16:01]	Lección 4 – Mito sobre la energía eólica
2020-05-02 – 12:13:16	[00:01:34] – [00:17:35]	Lección 5 – Mito sobre las placas solares
2020-05-02 – 12:14:40	[00:01:31] – [00:19:06]	Lección 6 – Mito sobre la insuficiencia de las renovables
2020-05-02 – 12:16:11	[00:01:04] – [00:20:10]	Lección 7 – Test 2
2020-05-02 – 12:17:15	[00:01:32] – [00:21:42]	Lección 8 – Ahorra energía para tu beneficio y el del medio ambiente (1)

2020-05-02 – 12:18:47	[00:00:24] – [00:22:06]	Lección 9 – Ahorra energía para tu beneficio y el del medio ambiente (2)
2020-05-02 – 12:19:11	[00:10:35]	Sección 3 – El consumismo
2020-05-02 – 12:19:11	[00:02:37] – [00:02:37]	Lección 1 – Nuestro consumo actual
2020-05-02 – 12:21:48	[00:01:11] – [00:03:48]	Lección 2 – Consume mejor
2020-05-02 – 12:22:59	[00:00:28] – [00:04:36]	Lección 3 – Consume mejor: Transporte
2020-05-02 – 12:23:27	[00:00:20] – [00:04:36]	Lección 4 – Consume mejor: Productos electrónicos
2020-05-02 – 12:23:47	[00:01:22] – [00:05:58]	Lección 5 – Consume mejor: Alimentación
2020-05-02 – 12:25:09	[00:02:03] – [00:08:01]	Lección 6 – Consume mejor: Pescado
2020-05-02 – 12:27:12	[00:02:34] – [00:10:35]	Lección 7 – Test 3

Además del tiempo invertido en las lecciones, hacer un seguimiento de los diferentes caminos de navegación que toma el usuario dentro del curso nos puede aportar información relevante. Vamos a poder ver qué lecciones se revisan, desde qué punto y también a qué lección se navega posteriormente. Recordemos que en nuestro curso e-learning una lección se desbloquea cuando se completa la anterior, quedando disponible la navegación libre a todas las que estén desbloqueadas.

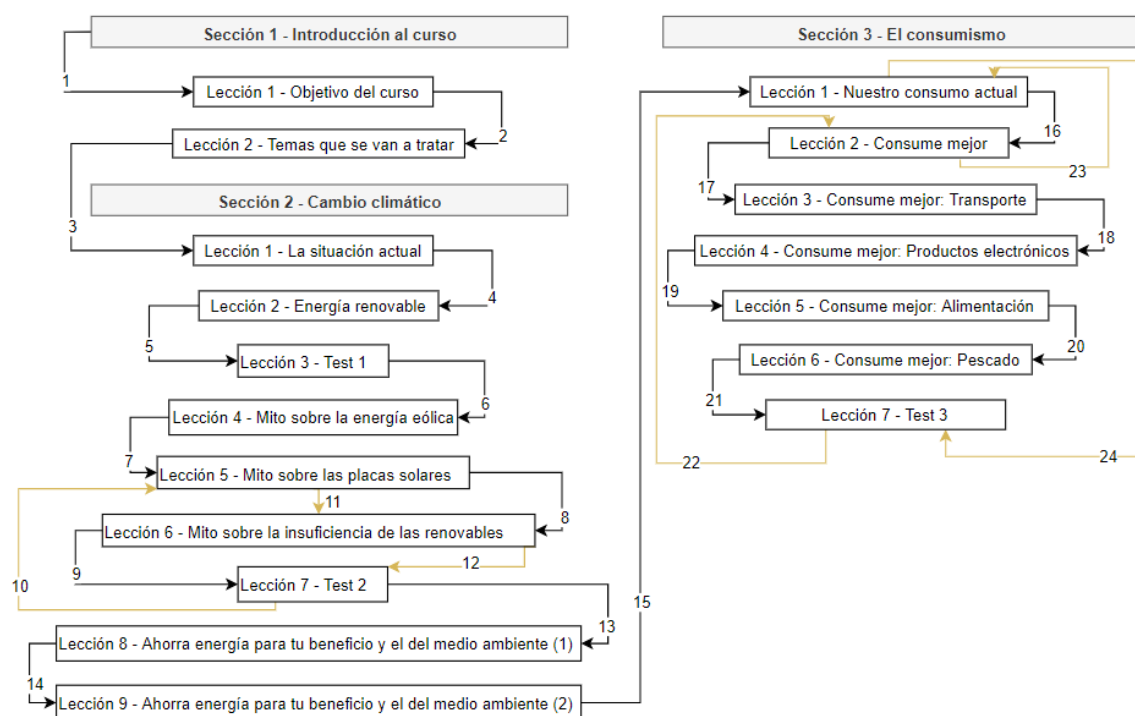


Figura 29. Traza de navegación de un usuario dentro del curso
(Elaboración propia)

En la Figura 29 podemos ver la traza de navegación que ha realizado el usuario de la tabla anterior. Como podemos ver, ha pasado por todas las lecciones pero en algunas ha habido retornos. Las flechas negras significan que el usuario ha avanzado por primera vez a la lección a la que esta apunta y desde la que esta parte. Por otro lado, las flechas de color amarillo significan que tras haber sido completada una lección, se vuelve a ella desde la lección de la cual parte la flecha, y al mismo tiempo hay una flecha amarilla de salida, que nos indica hacia dónde se ha dirigido el usuario tras haber revisado la lección a la que ha venido. Además, todas las flechas están enumeradas siguiendo el orden cronológico en el que se produjo la navegación a la que representan. Por lo tanto, el usuario ha realizado ciertas navegaciones de retroceso cuando se ha enfrentado al segundo y tercer cuestionario, pero cuando accedió al primer test no ha necesitado retroceder a ninguna lección, lo cual significa que ha podido retener correctamente el contenido que en él se evalúa. Entonces, es posible que estemos ante una posible dificultad en el aprendizaje sobre el contenido de las lecciones a las que se retrocede, no obstante, hay que tener en cuenta que no todas las personas retenemos de igual manera la información y, por lo tanto, un retroceso a una lección no tiene porqué traducirse directamente como una barrera de aprendizaje causada por el contenido, ya que puede que haya sido simplemente para recordarlo. Es por esto,

que antes de juzgar la situación, vamos a analizar los resultados que el usuario ha obtenido en las pruebas en relación a las navegaciones que ha realizado durante estas, de tal manera que si el usuario retrocede pero supera con éxito las pruebas significa que el contenido si que está siendo bien comprendido y no hay un problema evidente en el diseño pedagógico de este.

Para ello hemos elaborado la Tabla 4, en la que podemos ver en qué momento el usuario accede a cada test, responde a cada una de las preguntas y las navegaciones que se producen durante su realización. Así mismo, podemos ver el número de aciertos globales en el test y el resultado de cada pregunta.

Como podemos ver, en el primer test no se produce ninguna navegación y se aciertan cinco de las seis preguntas que contiene, lo cual es un buen resultado a pesar de haber fallado en una pregunta. En segundo lugar, podemos ver que en el segundo test las navegaciones se han realizado antes de responder a ninguna cuestión, donde cabe resaltar que la segunda navegación se realiza casi inmediatamente después de la primera, es decir, no se ha invertido tiempo dentro de la lección 5, a la cual se ha navegado primero. Esto nos indica que el contenido que se estaba buscando es el de la lección 6 y no el de la 5, por lo tanto, es importante tener en cuenta que se pueden producir navegaciones que no son las que realmente se querían hacer y no deben ser tomadas como indicadores de posibles barreras de aprendizaje. Después de esto, el usuario retorna al test y se aciertan todas las cuestiones. En último lugar, en el tercer test pasa algo muy parecido al segundo test, se realizan dos navegaciones previas a la acción de responder a las preguntas pero el contenido al que lleva la primera navegación, por el tiempo invertido, no parece que sea el que se buscaba. Finalmente el usuario retorna al test y se aciertan todas las cuestiones.

En conclusión, podemos apreciar que a pesar de realizar navegaciones de retroceso durante los dos últimos test, esto no afecta a los resultados. De hecho cabe destacar que el usuario ha rendido mejor en estos test, acertando todas las respuestas, a diferencia del primer test durante el cual no ha realizado ninguna navegación de retroceso. Es decir, el usuario ha necesitado refrescar el contenido visto con anterioridad pero ha obtenido buenos resultados, y no estamos ante el caso en el cual a pesar de haberlo revisado haya fallado las preguntas a causa del diseño pedagógico del contenido.

Tabla 4. Registros de navegación de un usuario durante la realización de los test
(Elaboración propia)

Fecha y hora	Apartado	Resultado
2020-05-02 12:10:53	Test 1	Aciertos: 5 de 6
2020-05-02 12:11:07	Primera cuestión	Acierto
2020-05-02 12:11:16	Segunda cuestión	Acierto
2020-05-02 12:11:23	Tercera cuestión	Acierto
2020-05-02 12:11:39	Cuarta cuestión	Acierto
2020-05-02 12:11:50	Quinta cuestión	Acierto
2020-05-02 12:12:03	Sexta cuestión	Fallo
2020-05-02 12:16:11	Test 2	Aciertos: 5 de 5
2020-05-02 12:16:15	Navegación hacia la lección 5 de la sección 2	
2020-05-02 12:16:16	Navegación hacia la lección 6 de la sección 2	
2020-05-02 12:16:23	Navegación hacia la lección 7 de la sección 2 (Test 2)	
2020-05-02 12:16:23	Primera cuestión	Acierto
2020-05-02 12:16:51	Segunda cuestión	Acierto
2020-05-02 12:17:00	Tercera cuestión	Acierto
2020-05-02 12:17:07	Cuarta cuestión	Acierto
2020-05-02 12:17:15	Quinta cuestión	Acierto
2020-05-02 12:27:12	Test 3	Aciertos: 5 de 5
2020-05-02 12:27:33	Navegación hacia la lección 2 de la sección 3	
2020-05-02 12:27:37	Navegación hacia la lección 1 de la sección 3	

2020-05-02 12:27:44	Navegación hacia la lección 7 de la sección 3 (Test 3)	
2020-05-02 12:27:53	Primera cuestión	Acierto
2020-05-02 12:27:58	Segunda cuestión	Acierto
2020-05-02 12:28:06	Tercera cuestión	Acierto
2020-05-02 12:28:12	Cuarta cuestión	Acierto
2020-05-02 12:28:19	Quinta cuestión	Acierto

En conclusión, se puede apreciar cómo este tipo de análisis aporta muchísima información sobre el comportamiento y evolución de los usuarios dentro del curso, y nos permite un gran nivel de monitorización. Además, se puede combinar con un análisis grupal en el que podamos ver qué lecciones son las que más navegaciones reciben, de tal manera que, si un gran número de usuarios realizan navegaciones a una misma lección durante la realización del curso, será un indicador de que en dicha lección debe estar ocurriendo una barrera de aprendizaje y es necesario revisar su contenido y rediseñarlo si es necesario.

También es importante tener en cuenta, como hemos explicado anteriormente, la validez de las navegaciones, puesto que pueden ser realizadas por error o en busca de un contenido que se encuentra en la lección vecina. Esto lo podemos validar fijándonos en el tiempo que ha invertido el usuario en la lección a la que ha navegado y determinando si es significativo. Por otro lado, podemos controlar las preguntas de los test con peores resultados y contrastarlas con las lecciones más visitadas, de tal manera que podamos encontrar relaciones entre el resultado de las preguntas y el diseño del contenido de las lecciones que evalúan.

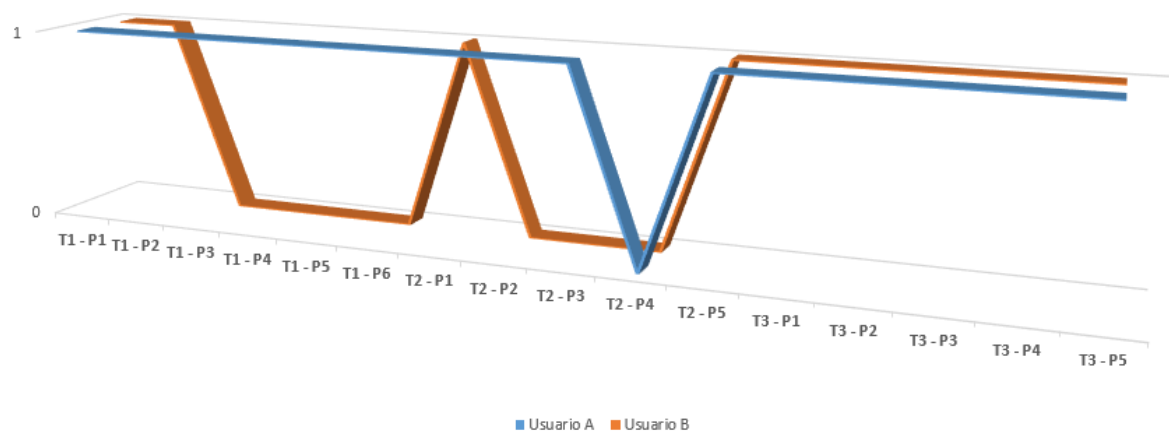
Para completar aún más nuestro análisis, nos hubiera gustado haberlo combinado con el análisis grupal que acabamos de explicar, no obstante, como hemos indicado en el análisis DAFO (Figura 1), una de las amenazas a las que se podía enfrentar el proyecto es no conseguir las suficientes personas que realicen el curso y de esta manera no recolectar suficientes datos. Debido al estado de alarma y al confinamiento nacional producidos

durante la realización de este proyecto, dicha amenaza ha afectado en cierta parte a la realización de todo el análisis grupal planteado, puesto que se ha visto interrumpida la promoción presencial del curso y no hemos obtenido una cantidad mayor de datos válidos para dicho análisis. No obstante, mediante vías online se ha continuado con la promoción para conseguir más usuarios en la medida de lo posible y gracias a ello hemos podido realizar el análisis individual de los usuarios captados y la realización de la prueba o testing A/B que vamos a tratar en el siguiente apartado.

8.3. Testing A/B

Las dos versiones del curso e-learning se desarrollaron con el fin de realizar un proceso de testing A/B o prueba A/B, que consiste en lanzar dos variantes de un producto a dos grupos de usuarios distintos para experimentar cuál funciona mejor. En nuestro caso, es para comprobar cómo afecta la accesibilidad web sobre alumnos con discapacidad en el e-learning. Por ello, tenemos una versión cuyo contenido cumple con las pautas de la accesibilidad web (A) y otra versión en la cual cierta parte del contenido no es accesible para todos los usuarios (B). Ofreceremos cada versión a un grupo distinto, ambos formados por usuarios con discapacidad, con el objetivo de monitorizar el proceso de aprendizaje y actividad de ambos grupos dentro de cada versión del curso y comparar los resultados que obtengan.

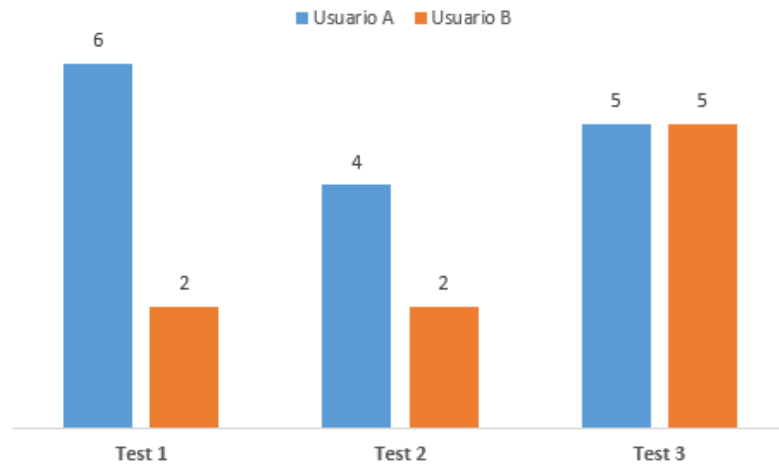
Para llevar a cabo la prueba, hemos podido contactar con dos usuarios con discapacidad visual total. A uno de ellos se le ha proporcionado la versión accesible, al cual nos referiremos como usuario A, y al segundo usuario se le ha proporcionado la versión no accesible, al cual nos referiremos como usuario B. Tras completar ambos el curso, lo primero que hemos hecho es comparar los resultados que han obtenido en los test, puesto que en ellos hay cuestiones que evalúan el contenido que en la versión B no es accesible. En la Figura 30 podemos ver una comparación entre los resultados que han obtenido los dos usuarios en cada pregunta de cada test. En el eje X se indica el test y la pregunta, donde T1 – P1 quiere decir primera pregunta del primer test, y en el eje Y podemos ver si el usuario ha respondido correctamente (1) o incorrectamente (0).



*Figura 30. Comparación de resultados en los test entre usuarios A y B
(Elaboración propia)*

Podemos notar que el usuario A (línea azul) ha mantenido unos resultados de acierto estables, excepto en una única pregunta (T2-P4). No obstante, el usuario B (línea naranja) ha tenido altibajos en sus resultados, fallando por ejemplo en las preguntas 3, 4 y 5 del primer test. Precisamente, dichas preguntas evalúan el contenido que se expone en el vídeo, el cual no habrá podido reproducir porque el reproductor que se utilizó no era accesible mediante teclado. Por otro lado, ha fallado en la pregunta 6 del primer test y la 2, 3 y 4 del segundo test, las cuales evalúan contenido que se presentaba en forma de imágenes sin texto alternativo, siendo alguna de ellas un gráfico sin transcripción.

Finalmente, otra pregunta que evalúa contenido no accesible es la tercera del tercer test, donde se pregunta sobre un contenido que se encuentra en la cara trasera de una tarjeta dinámica de contenido. No obstante, el usuario B la ha respondido correctamente a pesar de no poder acceder a dicho contenido, lo cual puede ser debido a que tenía conocimiento previo sobre ello, por intuición o simplemente por azar, ya que para avanzar a la siguiente lección está obligado a responder a todas las preguntas del test.



*Figura 31. Aciertos globales de los usuarios A y B en los test
(Elaboración propia)*

En la Figura 31 podemos apreciar de manera conjunta la comparación entre los aciertos obtenidos por cada usuario en cada test. Como podemos ver, en el primer y segundo test es donde el usuario B ha obtenido peores resultados respecto al usuario A, puesto que es en estos test donde ha habido la mayor parte de cuestiones entorno a contenido que no ha podido ser accesible para él. En cambio, en el tercer test ha obtenido muy buenos resultados, al mismo nivel que el usuario A, y esto es debido a que en este test sólo hay una pregunta que evalúa contenido no accesible y, por lo tanto, se le ha podido evaluar en gran parte sobre contenido al que sí ha tenido acceso.

Por otro lado, estos resultados que han obtenido los usuarios los podemos contrastar con el tiempo que han invertido cada uno de ellos en las lecciones del curso. En la Figura 32 comparamos concretamente el tiempo invertido en las lecciones de la sección dos, en la cual se encuentran la mayoría de los problemas de accesibilidad introducidos en el curso. En el eje X vemos el identificador de cada lección, donde S2-L1 quiere decir lección uno de la sección dos, y en el eje Y vemos el tiempo invertido en cada una de ellas (en formato HH:MM:SS).

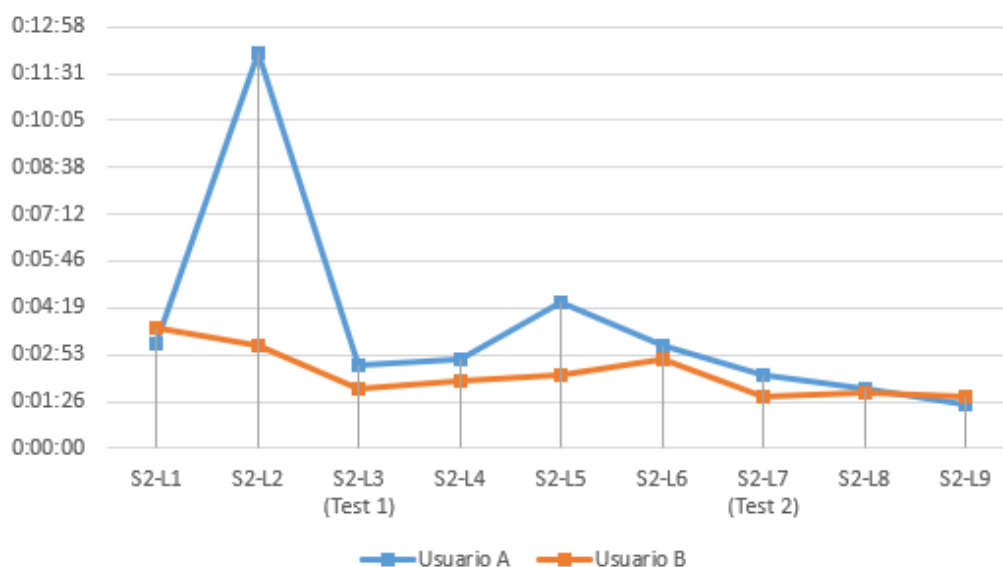


Figura 32. Tiempo invertido en las lecciones de la segunda sección por los usuarios A y B
(Elaboración propia)

Como se puede ver, hay una diferencia considerable de tiempo invertido en la lección 2, y esto es debido a que contiene un video de aproximadamente ocho minutos, el cual el usuario B no ha podido reproducir, al no disponer de un reproductor accesible. Además, en esa misma lección hay una imagen didáctica sin texto alternativo, lo cual reduce aún más el tiempo invertido por parte del usuario B. Por otro lado, en la lección 5 también podemos notar una diferencia importante, y esto se debe a que en la versión B hay otra imagen didáctica sin texto alternativo, además de un gráfico de barras sin una tabla de transcripción, mientras que en la versión A sí que es accesible todo ese contenido.

Por lo tanto, podemos notar una clara diferencia de tiempo invertido por parte de los usuarios en las lecciones 2 y 5, y esto es porque en ellas se han introducido cuatro de los cinco problemas de accesibilidad que hay en toda la sección, lo cual ha reducido considerablemente el tiempo del usuario B. Esta gran diferencia de tiempo también se puede apreciar en el tiempo total requerido para completar toda la sección.

En conclusión, en esta prueba A/B hemos podido apreciar la gran importancia de la accesibilidad web en el e-learning, quedando demostrado que, para dos usuarios con la misma discapacidad ante dos versiones del mismo curso, pero con diferencias de accesibilidad, se obtienen unos resultados de aprendizaje muy distintos quedando reflejado claramente en las pruebas de evaluación y en los tiempos invertidos en las lecciones.

9. Resultados

El principal objetivo de este proyecto era diseñar e implementar un curso e-learning, para monitorizarlo e identificar posibles barreras de aprendizaje, y por ello lo primero que hemos hecho ha sido decidir sobre qué temática desarrollar el contenido de dicho curso. Finalmente, se escogió una temática relacionada con el consumismo y el cambio climático, aprovechando que es un tema que está presente cada vez más en nuestras vidas y hay mucho que aprender y mejorar en ese sentido.

Se estudió la temática y el contenido del curso se dividió en diferentes lecciones. En la Figura 33 podemos ver la pantalla de bienvenida del resultado final del curso, donde podemos ver, en el un menú de la izquierda, parte de todas las lecciones que contiene el curso.

Ha sido necesario tener el curso disponible online una temporada suficiente con la finalidad de poder monitorizar la actividad de los usuarios dentro él y diseñar un proceso de análisis que nos permitiera detectar barreras de aprendizaje, teniendo en cuenta un factor fundamental, la accesibilidad web. Por ello, una vez teníamos una primera versión del curso, se implementó una segunda en la cual se han introducido problemas de accesibilidad para poder comparar la evolución del aprendizaje de usuarios con discapacidad en ambas versiones y comprobar la importancia de la accesibilidad web en el e-learning. Para ello se hicieron públicas ambas versiones, alojándolas en el servidor gratuito que ofrece Firebase y a las que podemos acceder desde cualquier navegador web¹³.

Finalmente, se recolectaron los datos de actividad de los usuarios dentro de ambas versiones y se hizo un análisis profundo sobre ellos, siguiendo diferentes estrategias para la detección de barreras de aprendizaje que puedan ser generadas por diferentes causas, entre las que ha estado la accesibilidad web.

¹³ Versión sin problemas de accesibilidad: <https://e-gular.firebaseio.com/welcome>

Versión con problemas de accesibilidad: <https://e-gulartwo.firebaseio.com/welcome>



*Figura 33. Pantalla de bienvenida del curso e-learning
(Elaboración propia)*

Respecto a la planificación realizada al comienzo de este proyecto, podemos considerar que hemos cumplido con los objetivos planteados dentro de los márgenes temporales establecidos en ella. No obstante, cabe destacar que debido al confinamiento causado por la pandemia de COVID-19 producida durante el proceso de realización de este proyecto, se ha visto interrumpida la promoción presencial de nuestro curso e-learning y no se ha podido llegar a tantos usuarios para recolectar una cantidad de datos tan rica como nos hubiera gustado para nuestro proceso de análisis.

Asignaturas como Estadística, Gestión de proyectos informáticos, Herramientas avanzadas para el desarrollo de aplicaciones, Ingeniería web, Gestión de calidad software y Aplicaciones distribuidas en Internet nos han sido de gran ayuda para el desarrollo y gestión de este trabajo.

10. Conclusiones y trabajo futuro

En este proyecto hemos podido investigar, comprobar y demostrar la importancia de la monitorización del aprendizaje en el e-learning, permitiéndonos analizar de diversas maneras la actividad y los resultados de nuestros usuarios para poder detectar posibles puntos en el contenido que estén generando barreras de aprendizaje. Con ello, también hemos podido comprobar la importancia de la accesibilidad web, la cual es un factor crucial en el proceso de aprendizaje de los usuarios con discapacidad.

A nivel personal, he podido aprender y crecer mucho en esta vertiente de la informática, adquiriendo nuevos conocimientos sobre la accesibilidad web y el mundo del aprendizaje electrónico, aplicando en este proyecto las destrezas adquiridas como estudiante de Ingeniería Informática. Este proyecto puede seguir creciendo y evolucionando en futuras líneas de trabajo como las siguientes:

- Diseñar un curso con una extensión mayor, de tal manera que su realización por parte de los usuarios se divida en distintas sesiones. Con esto, se podría ampliar el análisis valorando cómo retoman los estudiantes las lecciones después de cada sesión que dedican al curso, además de otros nuevos comportamientos que podrían surgir gracias a su mayor longitud.
- Implementar una solución que permita evitar la pérdida de registros de actividad cuando se genera una gran cantidad por minuto. Como se explicó en el apartado 8.1, el LRS utilizado limita el tráfico de peticiones por minuto y si las superamos no se almacenan. En dicho apartado se proponen diferentes estrategias para solucionar este problema.
- Añadir un panel de control en el visor web, al cual pueda tener acceso el creador del curso y en el que pueda observar datos relevantes como los que hemos utilizado en el apartado de análisis (esquemas de navegación, gestión de los resultados de los test, gestión de las visitas a las lecciones, evolución media de los usuarios, etc). Todo ello con la idea de que el creador pueda tener una visión global de lo que está ocurriendo en su curso y tomar decisiones al respecto. En la Figura 34 podemos ver un mockup de un posible panel de control que representa esta idea.

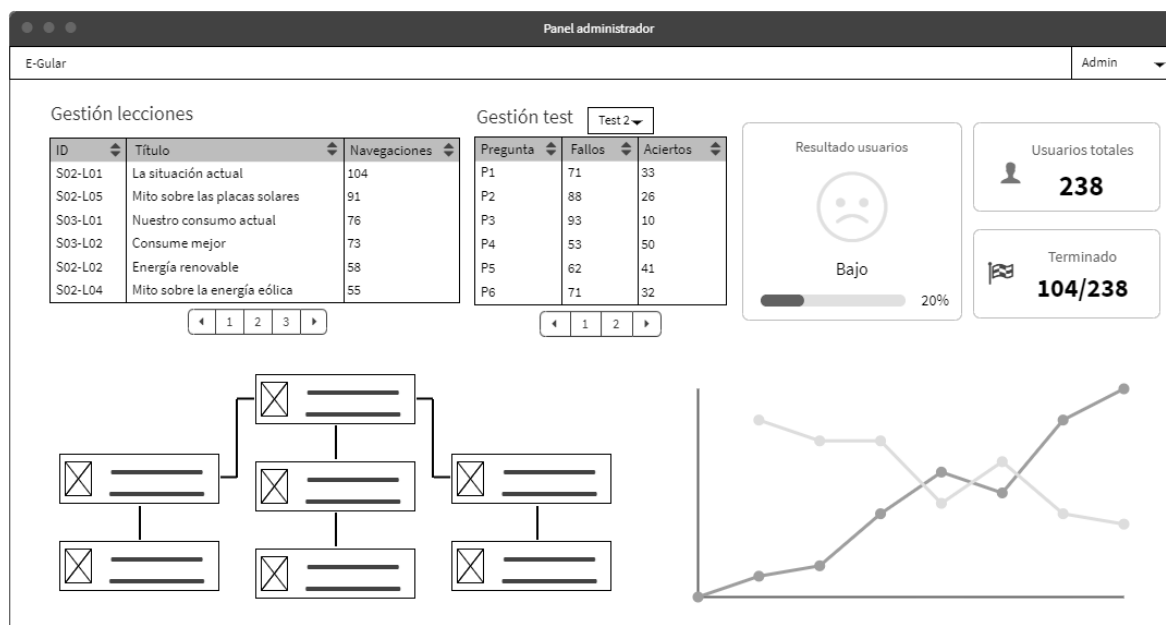


Figura 34. Mockup de un panel de control para el creador de un curso
(Elaboración propia)

11. Enseñanza en línea contra la COVID-19

Ante la irrupción de la COVID-19 internacionalmente, la mayoría de los gobiernos se han visto obligados a cerrar temporalmente colegios, institutos y universidades para intentar frenar la propagación del virus. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura o *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO), 150 países han tenido que cerrar sus centros educativos, viéndose afectados alrededor de 1.190.287.189 de estudiantes, es decir, casi un 70% de estudiantes de todo el mundo (COVID-19 Educational Disruption and Response, 2020).

Con todo esto, la enseñanza ha tenido que dar un cambio repentino y trasladarse al marco de la enseñanza en línea o e-learning. No obstante, como hemos estudiado e investigado en este trabajo, en el e-learning hay que ser muy cuidadoso para no producir desigualdades ya que ahora más que nunca los estudiantes con discapacidad se encuentran en una situación vulnerable y corren el riesgo de ser excluidos.

Ante este drástico cambio, diversas entidades han emitido comunicados para recordar que no se tiene que producir ningún tipo de discriminación en la educación online. Por ejemplo, el Departamento de Educación de los Estados Unidos señala que mientras la enseñanza tenga que ser en línea, la tecnología debe permitir, incluyendo a los estudiantes con discapacidad, la oportunidad de disponer de una educación de calidad hasta que se finalice la clausura de los centros escolares (Addressing the Risk of COVID-19 in Schools, 16 de Marzo de 2020). Para asegurar que se pueda cumplir dicho objetivo, en otro informe indica que el departamento está dispuesto a ofrecer orientación, asistencia técnica e información, dentro de los límites de la ley. Además, se indica que ciertos profesores e incluso centros educativos se han mostrado reacios a ofrecer enseñanza a distancia debido a la mala accesibilidad de las tecnologías de las que disponen, pensando que estarían incumpliendo las leyes federales sobre discriminación porque la educación online no es accesible. Ante esto, el departamento reconoce que la tecnología puede suponer una barrera de acceso, e indica que los profesores deben seguir impartiendo la enseñanza en línea y proporcionar otras vías alternativas para los estudiantes con discapacidad cuando los materiales o la tecnología no sean accesibles, de tal manera que dicho acceso alternativo sea igual de

efectivo al proporcionando al resto de estudiantes. Con ello, los docentes estarían cumpliendo con sus obligaciones legales puesto que la ley federal no exige una metodología en concreto para la docencia accesible. De esta manera, por ejemplo, si un profesor o profesora está impartiendo clases desde su casa y no puede distribuir un documento accesible pero dispone de un alumno ciego en su clase, debe distribuir dicho documento inaccesible al resto de la clase y para dicho alumno proporcionar una grabación de audio de la lectura del documento en voz alta o alguna alternativa equivalente (Office of Special Education and Rehabilitative Services, 21 de Marzo del 2020).

En conclusión, ante esta crisis que estamos viviendo ha quedado en evidencia lo poco preparada que está la educación en línea para cubrir las necesidades de las personas con discapacidad. Por lo tanto, estamos ante un reto que impulsa a la comunidad educativa a reforzar sus protocolos y sus sistemas de educación en línea para poder asegurar una enseñanza justa y de calidad para todos los colectivos.

Referencias

- Area Moreira, M., & Adell Segura, J. (2009). E-learning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. de Pablos Pons, & Aljibe (Ed.), *Tecnología educativa. La formación del profesorado de la era de internet* (págs. 391-424). Málaga, España.
- Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2012). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. En *The Internet and Higher Education*. Vol. 15(1), págs. 3-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.06.002>
- Daniel, J., Vázquez Cano, E., & Gisbert Cervera, M. (2015). El futuro de los MOOC: ¿aprendizaje adaptativo o modelo de negocio? En *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*. Vol. 12(1), págs. 64-74. doi: <https://doi.org/10.7238/rusc.v12i1.2475>
- Darabi, A., Liang, X., Suryavanshi, R., & Yurekli, H. (2013). Effectiveness of Online Discussion Strategies: A Meta-Analysis. En *American Journal of Distance Education*. Vol. 27(4), págs. 228-241. doi: <https://doi.org/10.1080/08923647.2013.837651>
- Downes, S. (2012). *E-learning generations*. Obtenido de <https://halfanhour.blogspot.com/2012/02/e-learning-generations.html>
- Gros Salvat, B. (2018). La evolución del e-learning: del aula virtual a la red. En *RIED, Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. Vol. 21(2), págs. 69-82. doi: <https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20577>
- Luján Mora, S., Serna Berná, E., Carreras, O., Suárez Cueto, A., Ferrández Rodríguez, A., & Alicante, C. T. (s.f.). *Aprende accesibilidad web paso a paso*. Obtenido de Udemty: <https://www.udemy.com/course/aprende-accesibilidad-web-paso-a-paso/>
- Noesgaard, S. S., & Ørngreen, R. (2015). The Effectiveness of E-Learning: An Explorative and Integrative Review of the Definitions, Methodologies and Factors That Promote e-Learning Effectiveness. En *Electronic Joournal of e-learning*. Vol. 13(4), págs. 278-290.

- Office for Civil Rights. (16 de Marzo de 2020). *Addressing the Risk of COVID-19 in Schools*. United States Department of Education, Office for Civil Rights. Obtenido de <https://www2.ed.gov/about/offices/list/ocr/docs/ocr-coronavirus-fact-sheet.pdf>
- Office of Special Education and Rehabilitative Services. (21 de Marzo del 2020). *Addressing the Risk of COVID-19 in Preschool, Elementary and Secondary Schools While Serving Children with Disabilities*. United States Department Of Education, Office for Civil Rights. Obtenido de <https://www2.ed.gov/about/offices/list/ocr/frontpage/faq/rr/policyguidance/Suppl e%20Fact%20Sheet%203.21.20%20FINAL.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (Noviembre de 2017). *10 datos sobre la discapacidad*. Obtenido de <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>
- Pérez Martínez, A. B. (2019). *Contenidos ¿accesibles? en la formación online*. Obtenido de Servicio de blogs de la UPM: <https://blogs.upm.es/observatoriogate/2019/10/21/la-accesibilidad-en-la-formacion-online>
- Rowe, F. A., & Rafferty, J. A. (2013). Instructional Design Interventions for Supporting Self-Regulated Learning: Enhancing Academic Outcomes in Postsecondary E-Learning Environments. En *Journal of Online Learning and Teaching*. Vol. 9(4), págs. 590-60.
- Siemens, G., Kavanovic, V., Gašević, D., & Joksimović, S. (2014). Research into Massive Open Online Courses. En A. University, *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. Vol. 15(5), págs. 136-178. doi: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i5.2040>
- UNESCO. (Mayo de 2020). *COVID-19 Educational Disruption and Response*. Obtenido de United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>
- Van Laer, S., & Elen, J. (2016). In search of attributes that support self-regulation in blended learning environments. En *Education and Information Technologies*. Vol. 22(4), págs. 1395-1454. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9505-x>

Vázquez Cano, E. (2015). El reto tecnológico para la sostenibilidad de los massive open online course (MOOC). En *Panorama*. Vol. 9(17), págs. 51-60. doi: <https://doi.org/10.15765/pnrm.v9i17.791>